项5目

基于CAXA的自动编程

5.1 任务1 端盖零件的加工

【学习目标】

(1) 熟悉CAXA制造工程师建模及实现加工的步骤。

(2) 熟悉常用的加工方法及参数设置。

(3) 熟悉定位基准的选择及工件的装夹。

(4) 具有零件图的识读能力。

(5) 具有程序生成及后置处理能力。

(6) 具有运用平面区域粗加工、钻孔加工及平面轮廓精加工加工零件的能力。

【任务描述】

由图5-1可知,要加工的端盖零件材料为45钢,毛坯尺寸为200mm×200mm×20mm,完成如图5-1所示的端盖零件的实体造型和加工。

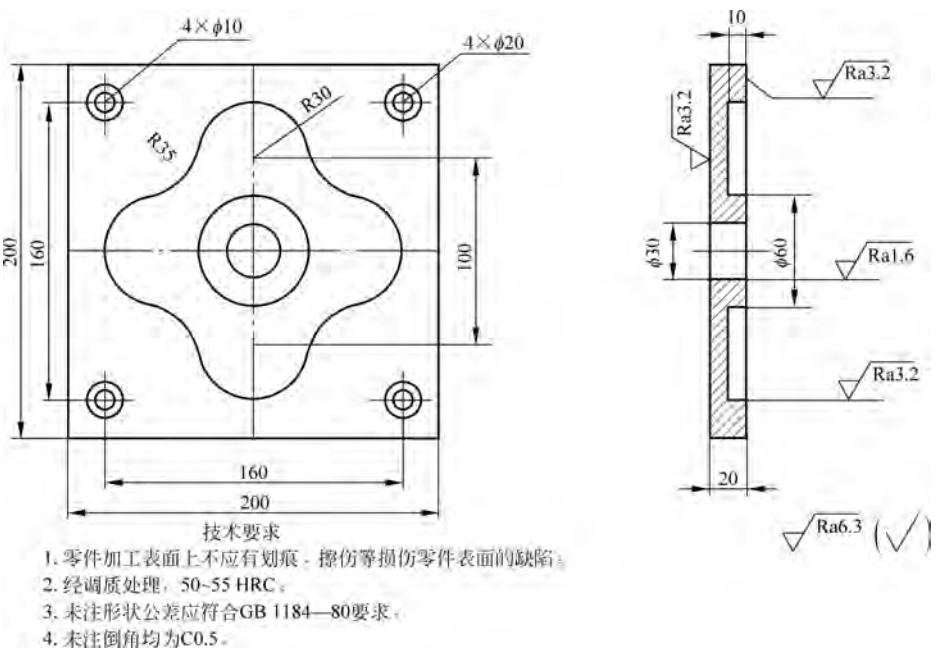
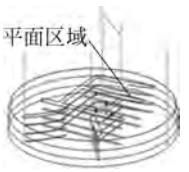
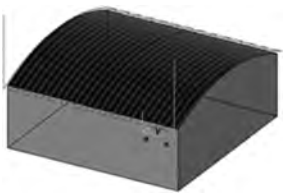
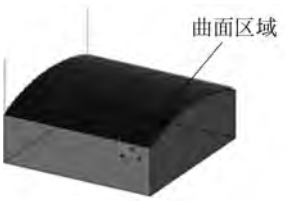
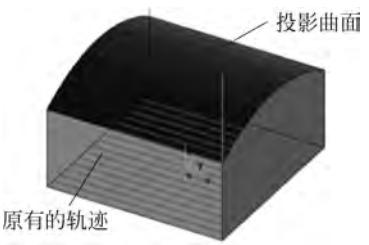


图5-1 端盖零件图

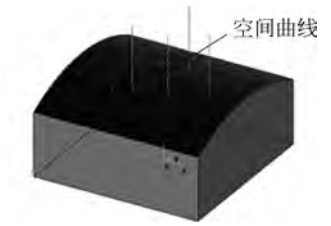
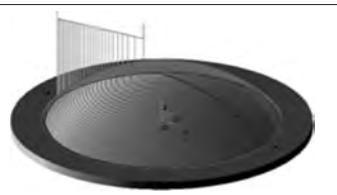
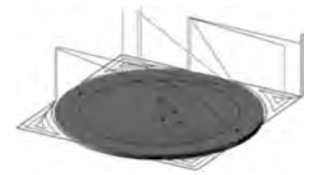
【相关知识】

CAXA 制造工程师为用户提供了功能齐全的加工命令，利用这些命令可以生成复杂零件的加工轨迹。本项目以丰富的实例介绍各种 CAM 加工命令以及典型零件的加工方法，具体加工命令如表 5-1 所示。

表 5-1　典型零件的加工方法

命　令	功　能	图　例	使用注意事项
平面轮廓精加工	生成沿轮廓线切削的平面刀具轨迹		• 两轴半加工方式； • 平面轮廓线可以是封闭的，也可以不封闭； • 主要用于加工外形
平面区域精加工	生成具有多个岛的平面区域的刀具轨迹		• 两轴半加工方式； • 主要用于加工型腔
参数线精加工	生成沿参数线方向的三轴刀具轨迹		• 指定加工方式和退刀方式时要保证刀具不会碰到机床、夹具； • 在切削加工表面时，对可能干涉的表面要做干涉检查； • 对不该切削的表面，要设置限制面，否则会产生过切
曲面轮廓精加工	生成沿轮廓线加工曲面的刀具轨迹		• 生成的刀具轨迹与刀次和行距都关联，当要加工轮廓内的全部曲面时，可以把刀次数设大一点； • 轮廓线既可以封闭，也可以不封闭
曲面区域精加工	生成待加工封闭曲面的刀具轨迹		曲面轮廓线必须封闭
投影加工	将已有的刀具轨迹投影到待加工曲面生成曲面加工的刀具轨迹		• 在投影加工前必须已有加工轨迹； • 待加工曲面可以拾取多个； • 投影加工的加工参数可以与原有刀具轨迹的参数不同

续表

命　令	功　能	图　例	使用注意事项
曲线式铣槽加工	生成三维曲线刀具轨迹		用于空间沟槽的加工
轮廓导动精加工	生成轮廓线沿导动线运动的刀具轨迹		• 轮廓线既可以封闭，也可以不封闭；导动线必须开放； • 导动线必须在轮廓线的法平面
等高线粗加工	生成按等高距离下降，大量去除毛坯材料的刀具轨迹		顶层高度是等高线刀具轨迹的最上层的高度值
等高线精加工	生成等高线粗加工未加工区域的刀具轨迹		用于陡面的精加工
自动区域加工	自动生成曲面区域的刀具轨迹		实质是曲面区域精加工
知识加工	针对三维造型自动生成一系列的刀具轨迹		• 为用户提供整体加工思路，快速完成加工过程； • 在使用前一般要针对已有机床进行知识加工库参数设置
钻孔	生成钻孔的刀具轨迹		• 钻孔方式的实现与机床无关； • 系统中钻孔指令的格式只针对FANUC系统

1. 平面区域粗加工

单击加工生成栏中的“平面区域粗加工”图标，弹出“平面区域粗加工”对话框，如图 5-2 所示。

1）加工参数

图 5-2 所示对话框中的“加工参数”选项卡用于设定平面区域粗加工的加工参数，生成平面区域粗加工轨迹。

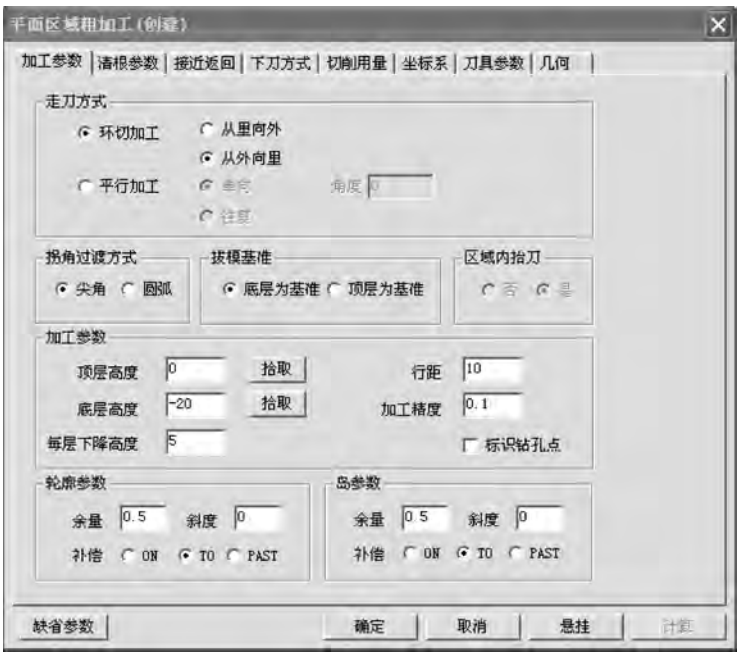


图 5-2 “平面区域粗加工”对话框

（1）走刀方式。

走刀方式分为环切加工和平行加工两种。

① 环切加工。刀具以环状走刀方式切削工件，可选择从里向外或从外向里的方式。

② 平行加工。刀具以平行走刀方式切削工件，可改变生成的刀位行与 X 轴的夹角，还可选择单向还是往复方式。

a. 单向。刀具以单一的顺铣或逆铣方式加工工件。

b. 往复。刀具以顺逆混合方式加工工件。

（2）拐角过渡方式。

在切削过程中遇到拐角时的处理方式，有以下两种情况。

① 尖角。刀具从轮廓的一边到另一边的过程中，以两条边延长后相交的方式连接。

② 圆弧。刀具从轮廓的一边到另一边的过程中，以圆弧的方式过渡，过渡半径＝刀具半径＋余量。

（3）拔模基准。

当加工的工件带有拔模斜度时，工件底层轮廓与顶层轮廓的大小不同。

① 底层为基准。加工中所选的轮廓是工件底层的轮廓。

② 顶层为基准。加工中所选的轮廓是工件顶层的轮廓。

(4) 区域内抬刀。

在加工有岛屿的区域时,选择轨迹过岛屿时是否抬刀。选择“否”就是在岛屿处不抬刀;选择“是”就是在岛屿处直接抬刀连接。此项只对平行加工的单向有用。

(5) 加工参数。

加工切削的具体坐标及切削量。

① 顶层高度。零件加工时起始高度的高度值,一般来说,也就是零件的最高点,即 Z 坐标最大值。

② 底层高度。零件加工时,所要加工到的深度,即 Z 坐标最小值。

③ 每层下降高度。刀具轨迹层与层之间的高度差,即层高。每层的高度从输入的顶层高度开始计算。

④ 行距。与加工轨迹相邻两行刀具轨迹之间的距离。

⑤ 加工精度。在此输入模型的加工精度。加工精度越大,模型形状的误差越大,模型表面越粗糙;加工精度越小,模型形状的误差越小,模型表面越光滑。

⑥ 标识钻孔点。

选中该复选框会自动显出下刀打孔的点。

(6) 轮廓参数。

要加工轮廓的边界。

① 余量。给轮廓加工预留的切削量。

② 斜度。以多大的拔模斜度来加工。

③ 补偿。有 3 种方式:ON 表示刀心线与轮廓重合;TO 表示刀心未到轮廓,距离为刀具的半径值;PAST 表示刀心线超过轮廓一个刀具半径。

(7) 岛参数。

在型腔内部出现的凸台类形状。

① 余量。给轮廓加工预留的切削量。

② 斜度。以多大的拔模斜度来加工。

③ 补偿。有 3 种方式:ON 表示刀心线与岛屿线重合;TO 表示刀心线超过岛屿线一个刀具半径;PAST 表示刀心线未到岛屿线一个刀具半径。

2) 清根参数

单击“清根参数”标签,进入如图 5-3 所示的“平面区域粗加工”对话框的“清根参数”选项卡,该选项卡用于设定平面区域粗加工的清根参数。

(1) 轮廓清根。

选择轮廓清根,在区域加工完之后,刀具对轮廓进行清根加工,相当于最后的精加工,对轮廓还可以设置清根余量。

① 不清根。不进行最后轮廓清根加工。

② 清根。进行轮廓清根加工,要设置相应的清根余量。

③ 轮廓清根余量。设定轮廓加工的预留量值。

(2) 岛清根。

选择岛清根,在区域加工完之后,刀具对岛进行清根加工。

① 不清根。不进行岛清根加工。

② 清根。进行岛清根加工,要设置相应的清根余量。

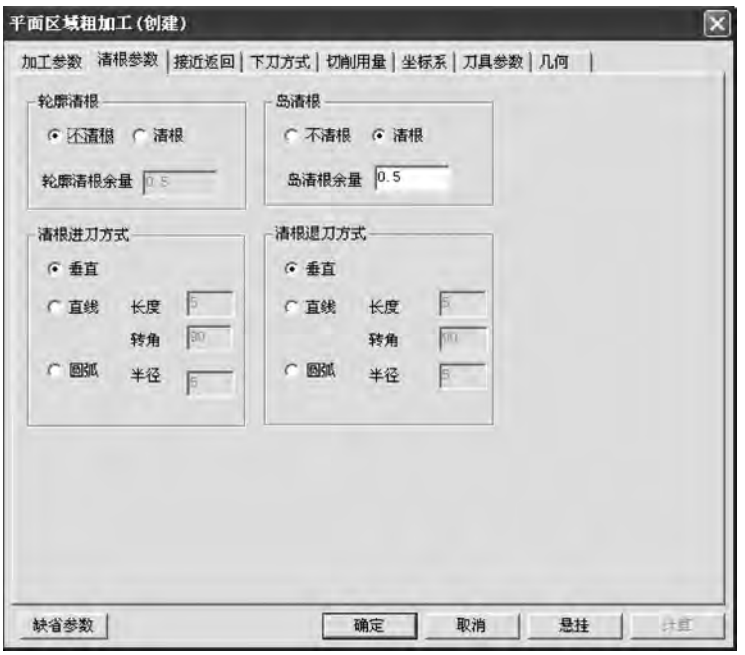


图 5-3 “清根参数”选项卡

③ 岛清根余量。设定岛清根加工的余量。

(3) 清根进刀方式。

在做清根加工时,可选择清根轨迹的进刀方式。

① 垂直。刀具在工件的第一个切削点处直接开始切削。

② 直线。刀具按给定长度以相切方式向工件的第一个切削点前进。

③ 圆弧。刀具按给定半径以 1/4 圆弧向工件的第一个切削点前进。

(4) 清根退刀方式。

在做清根加工时,可选择清根轨迹的退刀方式。

① 垂直。刀具从工件的最后一个切削点直接退刀。

② 直线。刀具按给定长度以相切方式从工件的最后一个切削点退刀。

③ 圆弧。刀具从工件的最后个切削点按给定半径以 1/4 圆弧退刀。

3) 接近返回

单击“接近返回”标签,进入如图 5-4 所示的“平面区域粗加工”对话框的“接近返回”选项卡,该选项卡用于设定平面区域粗加工的接近返回方式。

(1) 接近方式。

设定接近回返的切入切出方式。一般情况下,接近指从刀具起始点快速移动后以切入方式逼近切削点的那段切入轨迹,返回指从切削点以切出方式离开切削点的那段切出轨迹。

① 不设定。不设定接近返回的切入切出。

② 直线。刀具按给定长度以直线方式向切削点平滑切入或从切削点平滑切出。长度指直线切入切出的长度,角度不使用。

③ 圆弧。以 1/4 圆弧向切削点平滑切入或从切削点平滑切出。半径指圆弧切入或切出的半径,转角指圆弧的圆心角,延长量不使用。

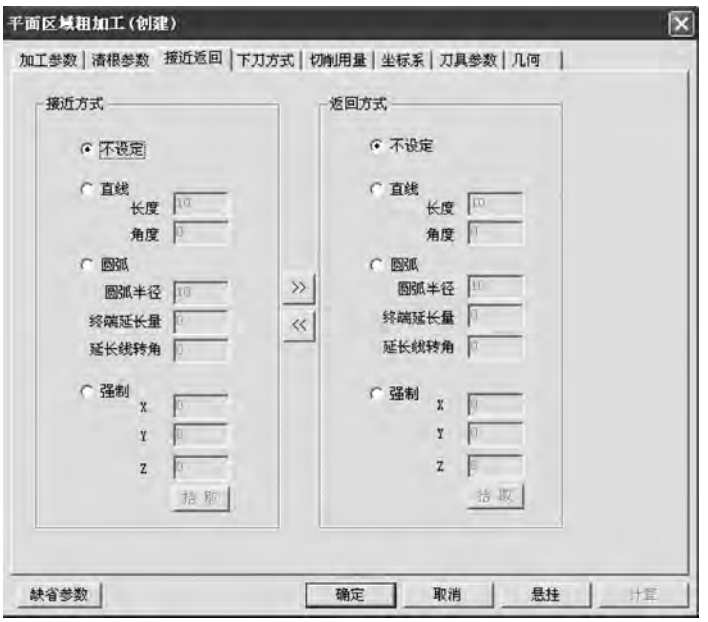


图 5-4 “接近返回”选项卡

④ 强制。强制从指定点直线切入到切削点或强制从切削点直线切出到指定点。X、Y、Z 用于指定点空间位置的三分量。

(2) 返回方式。

返回方式内容同接近方式。

4) 下刀方式

单击“下刀方式”标签,进入如图 5-5 所示的“平面区域粗加工”对话框的“下刀方式”选项卡,该选项卡用于设定平面区域粗加工的下刀方式。

图 5-5 “下刀方式”选项卡

(1) 安全高度。

刀具快速移动而不会与毛坯或模型发生干涉的高度,有“拾取”和“绝对”两种模式,单击“拾取”或“绝对”按钮可以实现两者的互换。

① 拾取。单击后可以从工作区中选择安全高度的绝对位置高度点。

② 相对。以切入、切出或切削开始、结束位置的刀位点为参考点。

③ 绝对。以当前加工坐标系的 XOY 平面为参考平面。

(2) 慢速下刀距离。

在切入或切削开始前的一段刀位轨迹的位置长度,这段轨迹以慢速下刀速度垂直向下进给。它有“相对”和“拾取”两种模式,单击“相对”或“拾取”按钮可以实现两者的互换,如图 5-6 所示。

① 拾取。单击后可以从工作区选择慢速下刀距离的绝对位置高度点。

② 相对。以切入或切削开始位置的刀位点为参考点。

③ 绝对。以当前加工坐标系的 XOY 平面为参考平面。

(3) 退刀距离。

在切出或切削结束后的一段刀位轨迹的位置长度,这段轨迹以退刀速度垂直向上进给。它有“相对”和“拾取”两种模式,单击“相对”或“拾取”按钮可以实现两者的互换,如图 5-7 所示。

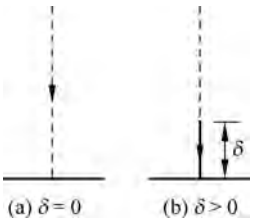


图 5-6 慢速下刀距离 δ 示意图

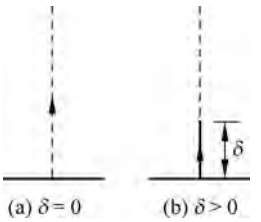


图 5-7 退刀距离 δ 示意图

① 拾取。单击后可以从工作区中选择退刀距离的绝对位置高度点。

② 相对。以切出或切削结束位置的刀位点为参考点。

③ 绝对。以当前加工坐标系的 XOY 平面为参考平面。

(4) 切入方式。

提供了四种通用的切入方式,几乎适用于所有的铣削加工,其中的一些切削加工有其特殊的切入、切出方式(在切入、切出属性栏中可以设定)。如果在切入、切出属性栏中设定了特殊的切入、切出方式,此处通用的切入方式将不会起作用。

① 垂直。刀具沿垂直方向切入,如图 5-8(a)所示。

② 螺旋。刀具螺旋方式切入,如图 5-8(b)所示。

③ 倾斜。刀具以与切削方向相反的倾斜线方向切入,如图 5-8(c)所示。

④ 渐切。刀具沿加工切削轨迹切入。

⑤ 长度。切入轨迹段的长度,以切削开始位置的刀位点为参考点。

⑥ 近似节距。螺旋和倾斜切入时走刀的高度。

⑦ 角度。渐切和倾斜线走刀方向与 XOY 平面的夹角。

⑧ 半径。刀具螺旋方式切入的半径值。

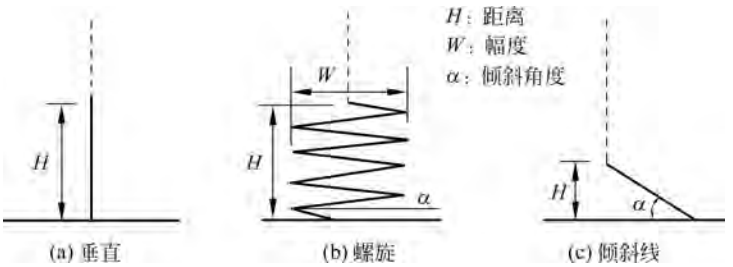


图 5-8 垂直、螺旋、倾斜切入切出示意图

(5) 下刀点的位置。

对于“螺旋”和“倾斜”时的下刀点的位置提供了两种方式。

① 斜线的端点或螺旋线的切点。选择此项后，下刀点位置将在斜线的端点或螺旋线的切点处下刀。

② 斜线的中点或螺旋线的圆心。选择此项后，下刀点位置将在斜线的中点或螺旋线的圆心处下刀。

5) 切削用量

单击“切削用量”标签，进入如图 5-9 所示的“平面区域粗加工”对话框的“切削用量”选项卡，在该选项卡中可设定平面区域粗加工的切削用量。

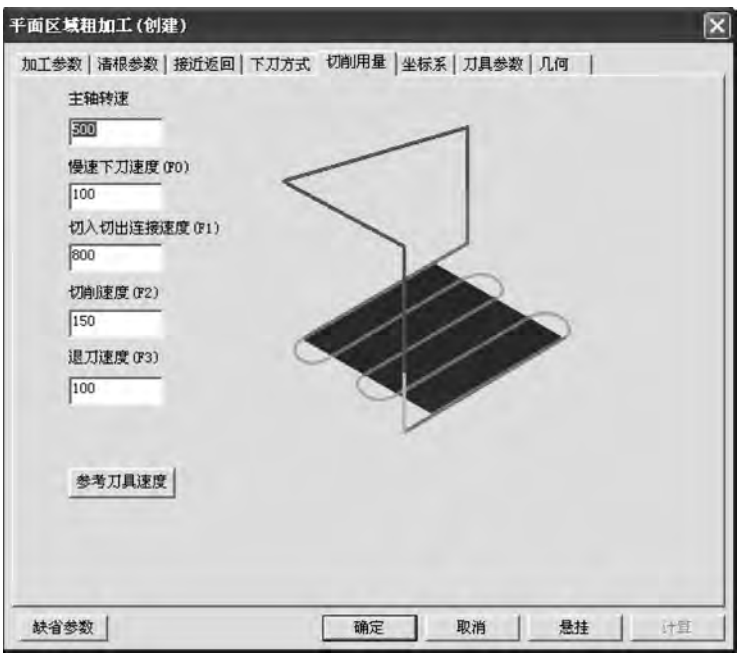


图 5-9 “切削用量”选项卡

① 主轴转速。设定主轴转速的大小，单位为 r/min(转/分)。

② 慢速下刀速度。设定慢速下刀轨迹段的进给速度，单位为 mm/min。

③ 切入切出连接速度。设定切入轨迹段。切出轨迹段、连接轨迹段、接近轨迹段、返回轨迹段的进给速度的大小，单位为 mm/min。

④ 切削速度。设定切削轨迹段的进给速度的大小，单位为 mm/min。

⑤ 退刀速度。设定退刀轨迹段的进给速度的大小，单位为 mm/min。

6）刀具参数

单击“刀具参数”标签，进入如图 5-10 所示的“平面区域粗加工”对话框的“刀具参数”选项卡，该选项卡设定平面区域粗加工的刀具参数，以生成平面区域粗加工轨迹。

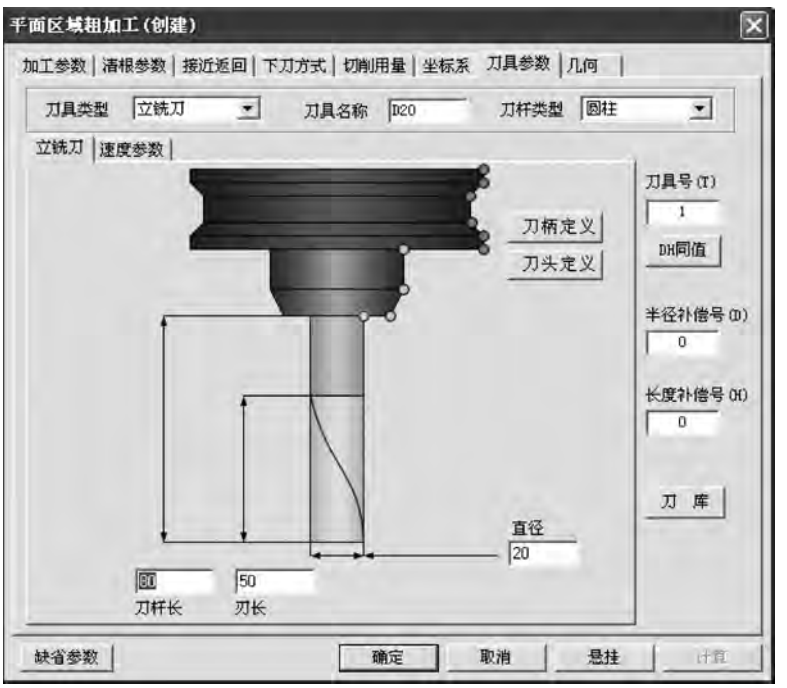


图 5-10 “刀具参数”选项卡

单击“刀库”按钮进入刀库，刀库中能存放用户定义的不同刀具，包括钻头、铣刀（球刀、牛鼻、端刀）等，用户可以方便地从刀库中取出所需的刀具。

① 增加刀具。用户可以在刀库中增加新定义的刀具。

② 编辑刀具。在选中某把刀具后。用户可以对这把刀具的参数进行编辑。

7）坐标系

单击“坐标系”标签，进入如图 5-11 所示的“平面区域粗加工”对话框的“坐标系”选项卡，该选项卡用于确定轨迹生成的坐标原点位置。

（1）加工坐标系。

① 名称。刀路加工坐标系的名称。

② 拾取。用户可以在屏幕上拾取加工坐标系。

③ 原点坐标。显示加工坐标系的原点值。

④ Z 轴矢量。显示加工坐标系的 Z 轴方向值。

（2）使用起始点。

① 使用起始点。决定刀路是否从起始点出发并回到起始点。

② 起始点坐标。显示起始点坐标信息。

③ 拾取。用户可以在屏幕上拾取点作为刀路的起始点。

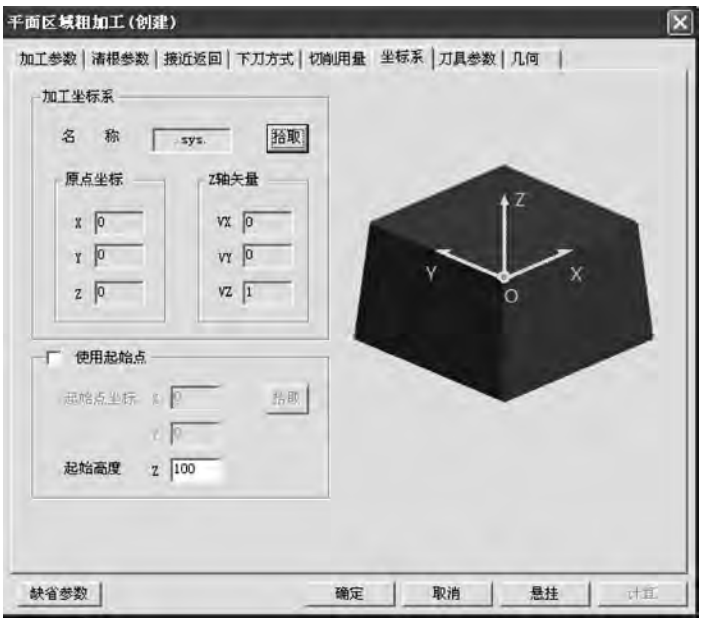


图 5-11 “坐标系”选项卡

④ 起始高度。生成轨迹的起始 Z 向坐标。

8）几何

单击“几何”标签，进入如图 5-12 所示的“平面区域粗加工”对话框的“几何”选项卡，用于确定要加工图素的边界或轮廓。

① 轮廓曲线。加工图素的外轮廓边界。

② 岛屿曲线。加工图素的内轮廓边界。

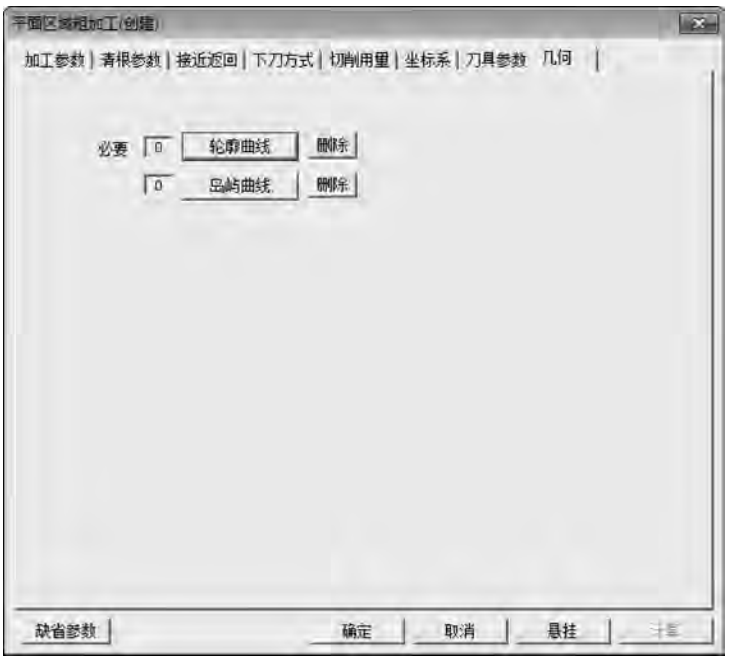


图 5-12 “几何”选项卡

2. 钻孔加工

在菜单栏中选择“加工”→“其他加工”→“孔加工”命令，弹出如图 5-13 所示的“钻孔”对话框，该对话框包括加工参数、用户自定义参数、坐标系、刀具参数 4 个选项卡。

图 5-13 “钻孔”对话框

“加工参数”选项卡中各参数的含义如下。

1）钻孔模式

提供 12 种钻孔模式。

（1）高速啄式钻孔 G73。

（2）左攻丝 G74。

（3）精镗孔 G76。

（4）钻孔 G81。

（5）钻孔＋反镗孔 G82。

（6）啄式钻孔 G83。

（7）逆攻丝 G84。

（8）镗孔 G85。

（9）镗孔(主轴停)G86。

（10）反镗孔 G87。

（11）镗孔(暂停＋手动)G88。

（12）镗孔(暂停)G89。

2）参数

（1）安全高度。刀具在此高度上任何位置，均不会碰伤工件和夹具。

（2）主轴转速。机床主轴的转速。

（3）安全间隙。刀具初始位置。

(4) 钻孔速度。钻孔刀具的进给速度。

(5) 钻孔深度。孔的加工深度。

(6) 工件平面。钻孔时,钻头快速下刀到达的位置,即距离工件表面的距离,由这一点开始按钻孔速度进行钻孔。

(7) 暂停时间。攻丝时刀在工件底部的停留时间。

(8) 下刀增量。孔钻时每次钻孔深度的增量值。

3) 钻孔位置定义

钻孔位置定义有以下两种选择方式。

(1) 输入点位置。可以根据需要,输入点的坐标,确定孔的位置。

(2) 拾取存在点。拾取屏幕上的存在点,确定孔的位置。

"坐标系"选项卡中参数的含义如下。

(1) 加工坐标系。生成轨迹所在的局部坐标系,单击"加工坐标系"按钮,可以从工作区中拾取。

(2) 起始点。刀具的初始位置和沿某轨迹走刀结束后的停留位置,单击"起始点"按钮可以从工作区中拾取。

3. 平面轮廓精加工

在菜单栏中选择"加工"→"常用加工"→"平面轮廓精加工"命令,或单击加工工具栏中的"平面轮廓精加工"图标,弹出如图 5-14 所示的"平面轮廓精加工"对话框。

"平面轮廓精加工"对话框中包括加工参数、接近返回、下刀方式、切削用量、坐标系、刀具参数、几何 7 个选项卡,其中接近返回、下刀方式、切削用量、刀具参数、几何在前面已经介绍。平面轮廓精加工的"加工参数"选项卡中包括加工参数、拐角过渡方式、走刀方式、行距定义方式、拔模基准、层间走刀等内容,每一项中又有其各自的参数,各种参数的含义如下。

1) 走刀方式

走刀方式指刀具轨迹行与行之间的连接方式,本系统提供了单向和往复两种方式。

(1) 单向。抬刀连接,刀具加工到一行刀位的终点后抬到安全高度,再沿直线快速走刀到下一行首点所在位置的安全高度,垂直进刀,然后沿着相同的方向进行加工。

(2) 往复。直线连接,与单向不同的是在进给完一个行距后刀具沿着相反的方向进行加工,行间不抬刀。

2) 拐角过渡方式

拐角过渡方式就是在切削过程中遇到拐角时的处理方式,本系统提供了尖角和圆弧两种拐角过渡方式。

(1) 尖角。刀具在从轮廓的一边到另一边的过程中,以两条边延长后相交的方式连接。

(2) 圆弧。刀具在从轮廓的一边到另一边的过程中,以圆弧的方式过渡,过渡半径=刀具半径+余量。

3) 加工参数

加工参数包括一些参考平面的高度参数(高度指 Z 向的坐标值),当需要进行一定的锥度加工时,还需要给定拔模斜度和每层下降的高度。

(1) 顶层高度。被加工工件生成刀具轨迹线的最高高度。

(2) 底层高度。加工的最后一层所在的高度。

(3) 每层下降高度。每层之间的间隔高度。

图 5-14 “平面轮廓精加工”对话框

(4) 拔模斜度。加工完成后,轮廓所具有的倾斜度。

(5) 刀次。生成的刀位的行数。

4) 行距定义方式

确定加工刀次后,刀具加工的行距可用以下方式确定。

(1) 行距方式。确定最后加工完工件的余量及每次加工之间的行距,也可以称作等行距加工。

(2) 余量方式。定义每次加工完所留的余量,也可以称为不等行距加工。余量的次数在“刀次”中定义,最多可定义 10 次加工的余量。

(3) 行距。每一行刀位之间的距离

(4) 加工余量。给轮廓留出的预留量。

5) 拔模基准

当加工的工件带有拔模斜度时,工件顶层轮廓与底层轮廓的大小不一样。在用“平面轮廓”功能生成加工轨迹时只需画出工件顶层或底层的一个轮廓形状,无须画出两个轮廓。“拔模基准”用来确定轮廓是工件的顶层轮廓还是底层轮廓。

(1) 底层为基准。加工中所选的轮廓是工件底层的轮廓。

(2) 顶层为基准。加工中所选的轮廓是工件顶层的轮廓。

6) 偏移类型

(1) ON:刀心线与轮廓重合。

(2) TO:刀心线未到轮廓一个刀具半径。

(3) PAST:刀心线超过轮廓一个刀具半径。

注意:补偿是左偏还是右偏取决于加工的是内轮廓还是外轮廓。

7) 其他选项——添加刀具补偿代码(G41/G42)

选择该项机床会自动偏置刀具半径,那么在输出的代码中会自动加上 G41/G42(左偏/右

偏)、G40(取消补偿),在输出代码中是自动加 G41 还是 G42 与拾取轮廓时的方向有关。

【任务分析】

在加工技术文件中要考虑精度和效率两个主要方面。理论的加工工艺必须符合图样要求,同时又能充分、合理地发挥机床的性能。

1. 图样分析

图样分析主要包括零件轮廓形状、尺寸精度、技术要求和定位基准等。从零件图可以看出,加工表面包括型腔、ϕ60 凸台、ϕ30 孔、4×ϕ10 通孔、4×ϕ20 深度为 8 的孔。图中尺寸精度和表面粗糙度要求较高的是 ϕ30 孔和型腔表面,对于这几项大家在加工过程中应重点保证。

2. 定位基准的选择

在选择定位基准时,要全面考虑各个工件的加工情况,保证工件定位准确、装卸方便,能迅速完成工件的定位和夹紧,保证各项加工的精度,应尽量选择工件上的设计基准作为定位基准。根据以上原则和图样分析,首先以底面为基准加工型腔和 ϕ60 凸台,然后依次加工 ϕ30 孔和 ϕ10 的沉头孔。以底面定位,一次装夹,将所有表面和轮廓全部加工完成,保证零件的尺寸精度和位置精度要求。

3. 工件的装夹

零件毛坯为长方体,加工表面包括型腔、ϕ60 凸台、ϕ30 孔、4×ϕ10 孔、4×ϕ20 孔,采用平口虎钳装夹。

4. 确定编程坐标系和对刀位置

根据工艺分析,工件坐标系编程原点设在 ϕ30 孔上表面的中心。在确定编程原点后,对刀位置与工件坐标系编程原点重合,对刀方法可根据机床选择,选用手动对刀。

5. 确定加工所用的各种工艺参数

切削条件的好坏直接影响加工的效率和经济型,这主要取决于:编程人员的经验;工件材料及性质;刀具的材料及形状;机床、刀具、工件的刚性;加工精度、表面质量要求;冷却系统等。具体参数如表 5-2 和表 5-3 所示。

表 5-2 刀具参数表

序号	刀具名称	规格	用途	刀具材料
1	立铣刀	ϕ20	铣削、ϕ60 凸台、ϕ30 孔	硬质合金
2	钻头	ϕ10	锪孔	高速钢
3	锪孔钻	ϕ20	锪孔	高速钢

表 5-3 端盖零件加工参数表

工步	加工内容	刀具编号	刀具名称	规格	主轴转速 /(r·min^{-1})	进给速度 /(mm·min^{-1})	切削深度 /mm	加工余量 /mm
1	粗铣型腔	T01	立铣刀	ϕ20	500	150	10	10
2	粗铣 ϕ30 孔	T01	立铣刀	ϕ20	500	150	10	15
3	钻孔	T02	钻头	ϕ10	600	150	5	5
4	锪孔	T03	锪孔钻头	ϕ20	500	150	5	5
5	精铣型腔	T01	立铣刀	ϕ20	1000	100	1	1
6	精铣 ϕ30 孔	T01	立铣刀	ϕ20	1000	100	1	1

【任务实施】

1. 零件造型

由端盖零件图可知，端盖的形状主要由圆弧和直线组成，因此在构造实体模型时使用拉伸增料生成实体特征，然后绘制型腔和孔的草图，利用除料拉伸生成各个表面，重点是绘制封闭草图、增料和除料拉伸，最后利用相关线生成加工边界。

1）绘制端盖

（1）单击状态树中的“平面 *XY*”，确定绘制草图的基准面。在屏幕绘图区中显示一个虚线框，表明该平面被拾取到。单击“绘制草图”图标，进入绘制草图状态。

（2）单击“矩形”图标，在立即菜单中选择“中心_长_宽”方式，输入长度为 200mm、宽度为 200mm，如图 5-15 所示，按回车键确定。在绘图区中选择矩形中心，单击原点确定，右击，结束绘图命令，生成的矩形如图 5-16 所示，然后按 F2 键退出草图。

图 5-15　矩形立即菜单

图 5-16　矩形

（3）单击“拉伸增料”图标，弹出“拉伸增料”对话框，如图 5-17 所示。在“深度”中输入 20mm，拉伸方向选择反向拉伸（因为编程原点在上表面），然后单击“确定”按钮，按 F8 键，切换到轴测方式，生成的实体如图 5-18 所示。

图 5-17　“拉伸增料”对话框

图 5-18　拉伸增料

2）绘制型腔

（1）单击上表面，选择端盖上表面，确定绘制草图的基准面。然后单击“绘制草图”图标，进入绘制草图状态。

（2）按 F5 键，切换到俯视图方式，单击“整圆”图标，弹出整圆立即菜单，选择“圆心_半径”方式，如图 5-19 所示，按回车键输入圆心坐标“0，50”，再按回车键输入半径 30mm，按回车键确定，右击，结果如图 5-20 所示。

图 5-19 整圆立即菜单

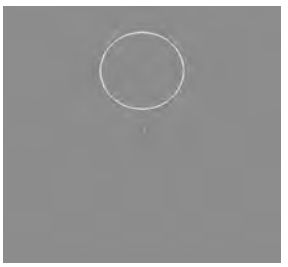


图 5-20 绘制图

(3) 单击“阵列”图标，弹出阵列立即菜单，选择“圆形”“均布”，输入份数 4，如图 5-21 所示。选择 R30 圆，用鼠标右键确认，单击原点作为阵列中心，右击，结果如图 5-22 所示。

图 5-21 阵列立即菜单

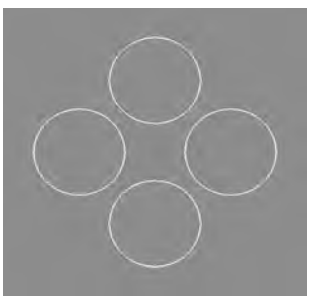


图 5-22 阵列结果

(4) 单击“整圆”图标，弹出整圆立即菜单，选择“两点_半径”方式，按空格键，弹出工具菜单，选择“切点”命令，如图 5-23 所示。单击选择相邻 R30 圆，按回车键输入半径 35mm，按回车键确定，右击，结果如图 5-24 所示。

图 5-23 工具点菜单

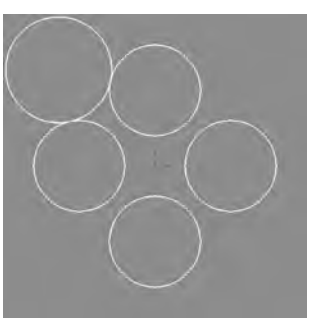


图 5-24 绘制圆

(5) 单击“阵列”图标，弹出阵列立即菜单，选择“圆形”“均布”，份数输入 4，如图 5-25 所示。单击选择 R35 圆，用鼠标右键确定阵列对象，单击原点作为阵列中心，右击，结果如图 5-26 所示。

(6) 单击“曲线裁剪”图标，弹出曲线裁剪立即菜单，选择“快速裁剪”“正常裁剪”方式，如图 5-27 所示，裁剪多余圆弧，结果如图 5-28 所示。

图 5-25　阵列立即菜单

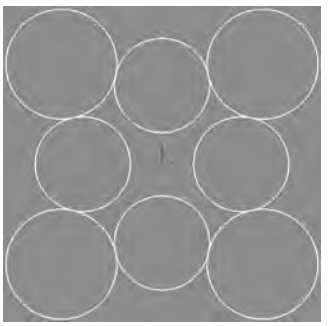


图 5-26　阵列结果

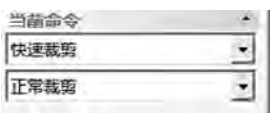


图 5-27　曲线裁剪立即菜单

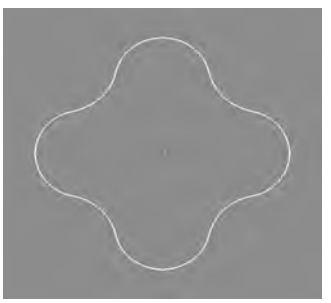


图 5-28　裁剪结果

(7) 单击“整圆”图标，弹出整圆立即菜单，选择“圆心_半径”方式，如图 5-29 所示，单击原点，按回车键，输入半径 30mm，再按回车键确定，右击，结果如图 5-30 所示。

图 5-29　整圆立即菜单

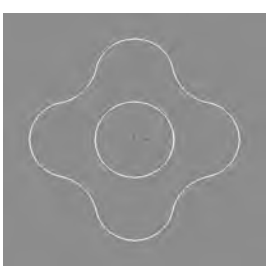


图 5-30　绘制圆

(8) 单击“拉伸除料”图标，弹出“拉伸除料”对话框，如图 5-31 所示，在“深度”中输入 10mm，拉伸方向取消反向拉伸，单击“确定”按钮，按 F8 键，切换到轴测方式，结果如图 5-32 所示。

3) 绘制 ϕ30 孔

(1) 单击凸台上表面，确定绘制草图的基准面，然后用鼠标右键选择“创建草图”命令。

(2) 单击“整圆”图标，弹出整圆立即菜单，选择“圆心_半径”方式，如图 5-33 所示，单击原点，按回车键输入半径 15mm，再按回车键确定，右击，结果如图 5-34 所示。

(3) 单击“拉伸除料”图标，弹出“拉伸除料”对话框，如图 5-35 所示，在“深度”中输入 20mm，单击“确定”按钮，结果如图 5-36 所示。

图 5-31 “拉伸除料”对话框 1

图 5-32 拉伸除料结果 1

图 5-33 整圆立即菜单

图 5-34 绘制圆

图 5-35 “拉伸除料”对话框 2

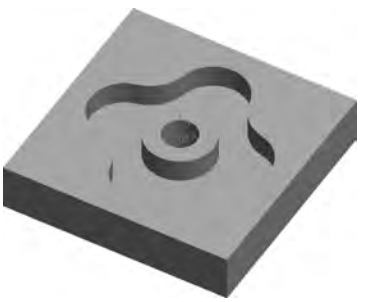


图 5-36 拉伸除料结果 2

4）绘制 ϕ10 孔

（1）单击端盖上表面，确定绘制草图的基准面，然后单击“绘制草图”图标进入绘制草图状态。

（2）单击“整圆”图标，弹出整圆立即菜单，选择“圆心_半径”方式，如图 5-37 所示，按回车键输入圆心坐标“80，80”，按回车键输入半径 5mm，再按回车键确定，右击，结果如图 5-38 所示。

（3）单击“阵列”图标，弹出阵列立即菜单，选择“矩形”，行数输入 2、行距输入－160、列数输入 2、列距输入－160、角度输入 0，如图 5-39 所示。选择 R5 圆，右击，结果如图 5-40 所示。

（4）单击“拉伸除料”图标，弹出“拉伸除料”对话框，如图 5-41 所示，在“深度”框中输入 20mm，单击“确定”按钮，结果如图 5-42 所示。

图 5-37　整圆立即菜单

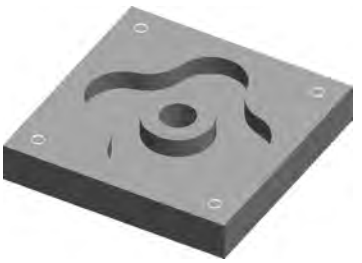


图 5-38　绘制圆

图 5-39　阵列立即菜单

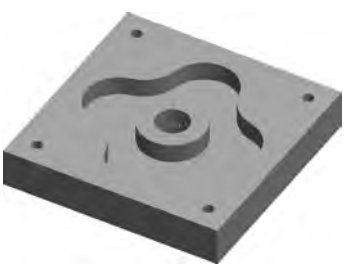


图 5-40　阵列结果

图 5-41　“拉伸除料”对话框

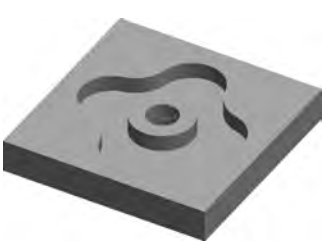


图 5-42　拉伸除料结果

5）绘制 ϕ20 孔

（1）单击端盖上表面，确定绘制草图的基准面，然后单击“绘制草图”图标，进入绘制草图状态。

（2）单击“整圆”图标，弹出整圆立即菜单，选择“圆心_半径”方式，如图 5-43 所示，按回车键输入圆心坐标“80，80”，按回车键输入半径 10mm，再按回车键确定，右击，结果如图 5-44 所示。

（3）单击“阵列”图标，弹出阵列立即菜单，选择“矩形”，行数输入 2、行距输入－160、列数输入 2、列距输入－160、角度输入 0，如图 5-45 所示。选择 R10 圆，右击，结果如图 5-46 所示。

图 5-43 整圆立即菜单

图 5-44 绘制圆

图 5-45 阵列立即菜单

图 5-46 阵列结果

(4) 单击“拉伸除料”图标，弹出“拉伸除料”对话框，如图 5-47 所示，在“深度”框中输入 8mm，单击“确定”按钮，结果如图 5-48 所示。

图 5-47 “拉伸除料”对话框

图 5-48 拉伸除料结果

2. 加工设置

1) 设定加工刀具

(1) 在特征树的轨迹管理栏中双击刀具库，弹出“刀具库”对话框，如图 5-49 所示。

(2) 单击“增加”按钮，在对话框中输入铣刀名称 D20，增加一个区域式加工需要的铣刀，设定增加的铣刀的参数。在“刀具库”对话框中输入准确的数值，其中的刃长和刀杆长与仿真有关，而与实际加工无关。其他定义需要根据实际加工刀具来完成，如图 5-50 所示。

(3) 同理增加 ϕ10 和 ϕ20 的在钻头，如图 5-51 和图 5-52 所示。

类型	名称	刀号	直径	刃长	全长	刀杆类型	刀杆直径	半径补偿号	长度补偿号
立铣刀	EdML_0	0	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	0	0
立铣刀	EdML_0	1	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	10.000	1	1
圆角铣刀	BullML_0	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	2	2
立铣刀	EdML_0	3	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	10.000	3	3
球头铣刀	SphML_0	4	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	4	4
立铣刀	EdML_0	5	12.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	10.000	5	5
燕尾铣刀	DvML_0	6	20.000	6.000	80.000	圆柱	20.000	6	6
立铣刀	EdML_0	7	12.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	7	7
球形铣刀	LoML_0	8	10.000	10.000	80.000	圆柱	10.000	8	8
球头铣刀	SphML_0	9	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	9	9

图 5-49 “刀具库”对话框

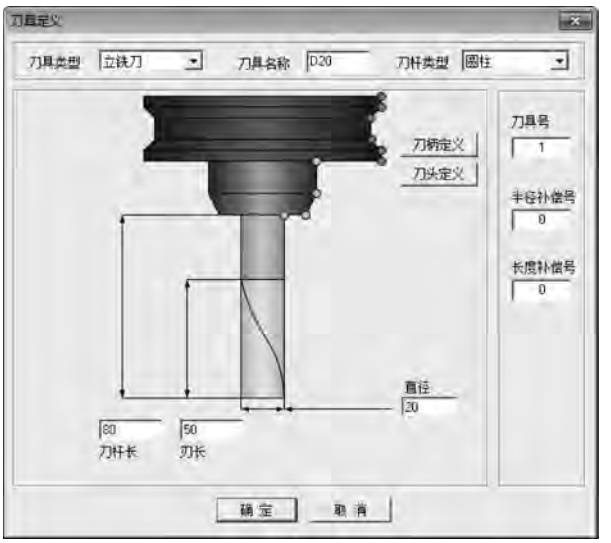


图 5-50 定义 ϕ20 立铣刀的对话框

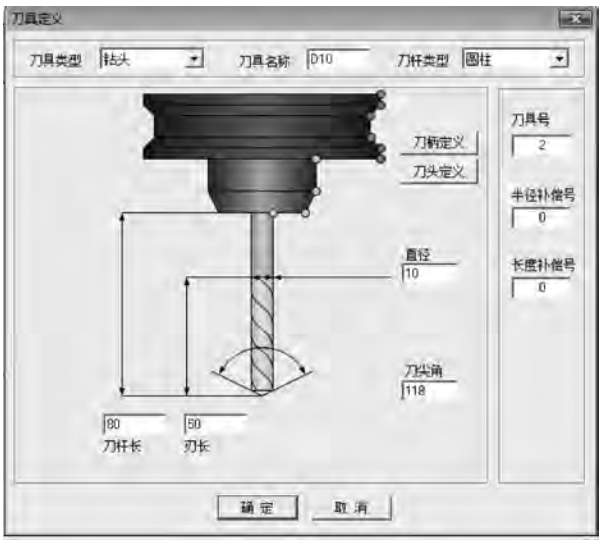


图 5-51 定义 ϕ10 钻头的对话框

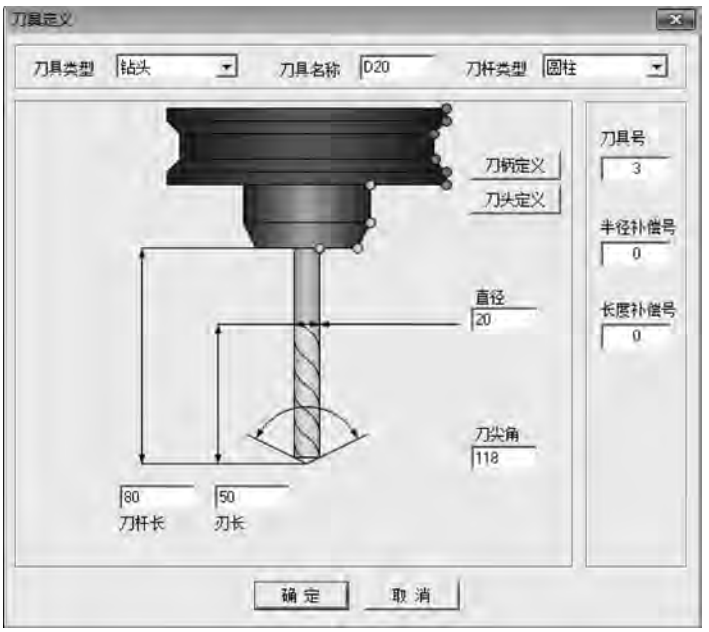


图 5-52 定义 ϕ20 立铣刀的对话框

2）设定加工毛坯

（1）双击特征树的轨迹管理栏中的毛坯，弹出“毛坯定义”对话框，选择“参照模型”方式，在系统给出的尺寸中进行调整，单击“确定”按钮生成毛坯，如图 5-53 所示。

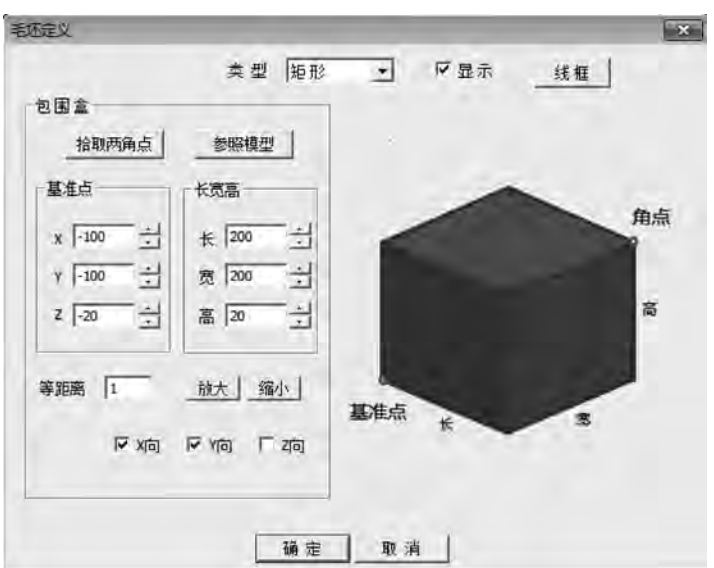


图 5-53 “毛坯定义”对话框

（2）右击选取特征树的加工管理栏中的毛坯，选择“隐藏毛坯”命令，可以将毛坯隐藏。

3）粗铣型腔和 ϕ60 凸台

（1）确定区域式加工的轮廓边界。单击“相关线”图标，弹出相关线立即菜单，选择“实体边界”方式，拾取型腔边界、ϕ60 凸台边界、ϕ30 孔边界，生成 3 条曲线，作为加工边界，如图 5-54

所示。

(2) 在菜单栏中选择“加工”→“常用加工”→“平面区域粗加工”命令，弹出“平面区域粗加工”对话框，“加工参数”选项卡设置如图 5-55 所示，“清根参数”选项卡设置如图 5-56 所示，“接近返回”选项卡设置如图 5-57 所示，“切削用量”选项卡设置如图 5-58 所示。

(3) 在“刀具参数”选项卡中单击“刀库”按钮，选择增加的刀具号为 1 的 D20 立铣刀，如图 5-59 所示。

图 5-54 相关线

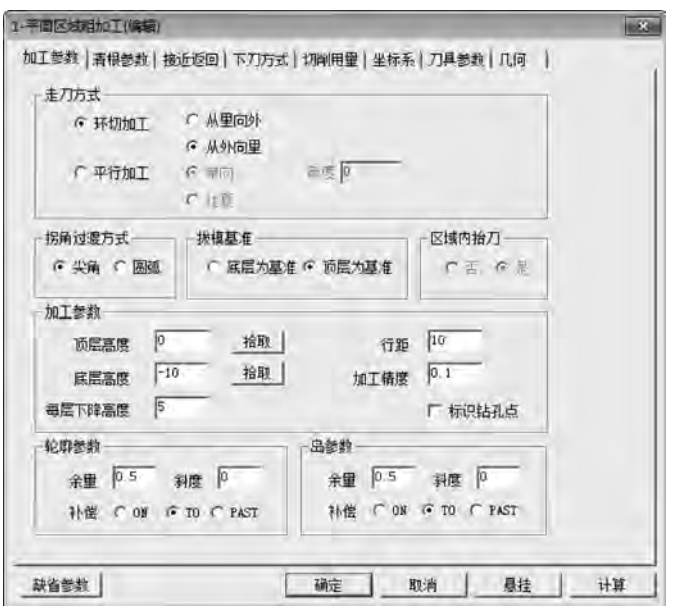


图 5-55 “加工参数”选项卡设置

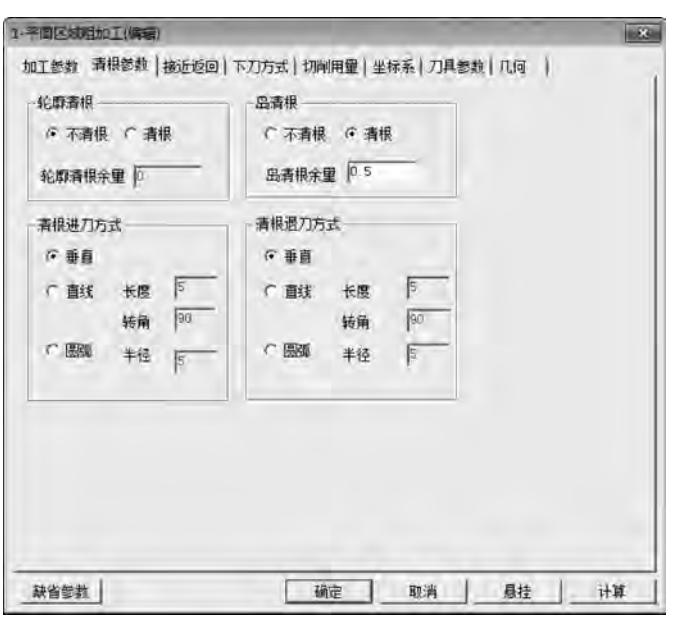


图 5-56 “清根参数”选项卡设置

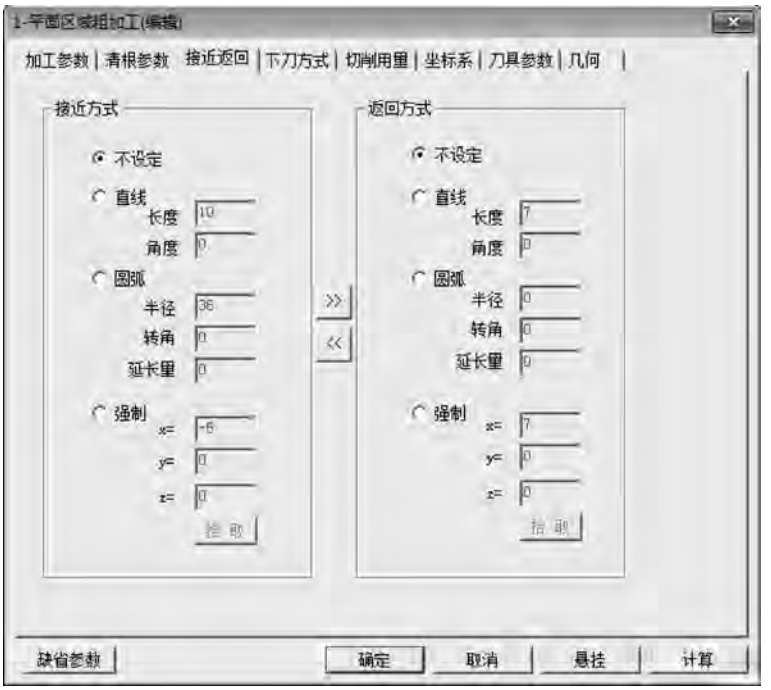


图 5-57 “接近返回”选项卡设置

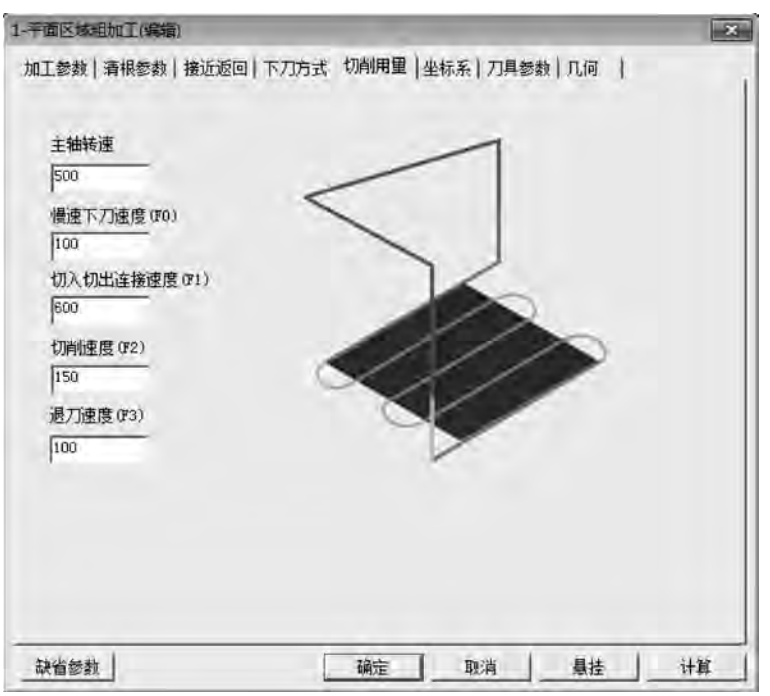


图 5-58 “切削用量”选项卡设置

类型	名称	刀号	直径	刃长	全长	刀杆类型	刀杆直径	半径补偿号	长度补偿号
立铣刀	EdML_0	1	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	1	1
圆角铣刀	BuML_0	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	2	2
圆角铣刀	BuML_0	3	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	3	3
球头铣刀	SphML_0	4	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	4	4
球头铣刀	SphML_0	5	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	5	5
燕尾铣刀	DvML_0	6	20.000	6.000	80.000	圆柱	20.000	6	6
燕尾铣刀	DvML_0	7	20.000	6.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	7	7
立铣刀	D20	1	20.000	50.000	80.000	圆柱	20.000	1	1
钻头	D10	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	2	2
钻头	D20	3	20.000	50.000	80.000	圆柱	20.000	3	3

图 5-59　在刀具库中选择刀具

(4)“几何”选项卡设置如图 5-60 所示。

(a)“1-平面区域粗加工(编辑)”对话框　　(b) 选取轮廓、岛屿曲线

图 5-60　“几何”选项卡设置

(5) 其余选项卡设置默认，设置完成后单击“计算”按钮，系统开始计算并得到加工轨迹，如图 5-61 所示。

4) 粗铣 ϕ30 孔

其切削参数同粗铣型腔和 ϕ60 凸台，不同的是在“加工参数”选项卡的“底层高度”输入 −20，如图 5-62 所示，以铣出通孔；在“几何”选项卡中选择 ϕ30 孔的轮廓曲线，如图 5-63 所示，生成轨迹如图 5-64 所示。

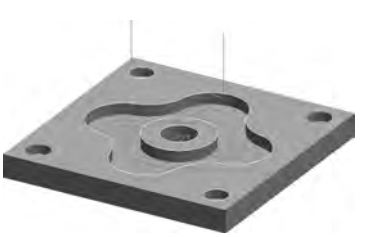


图 5-61　型腔和凸台粗加工轨迹

5) 钻 ϕ10 孔

(1) 单击“相关线”图标，弹出相关线立即菜单，选择“实体边界”方式，拾取 ϕ20 孔边界，生成 4 条圆弧曲线，作为孔加工边界，如图 5-65 所示。

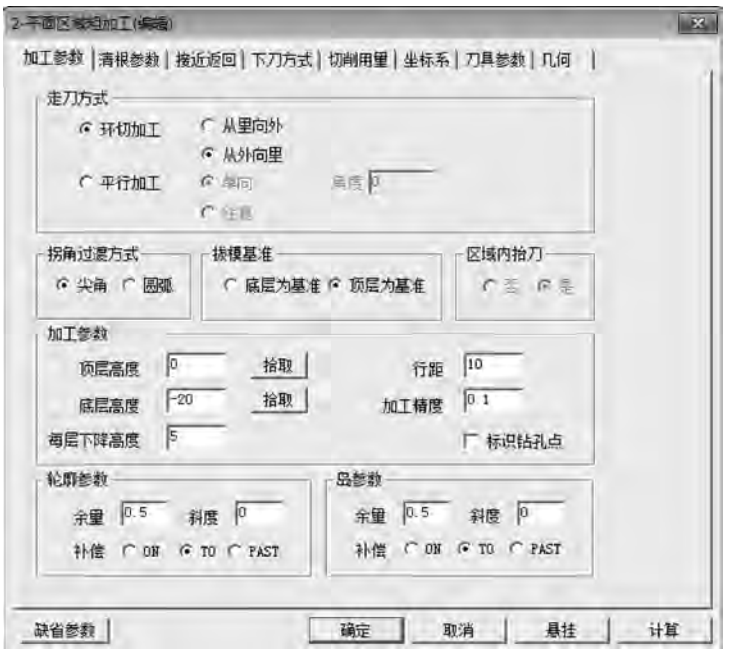


图 5-62 “加工参数”选项卡设置

(a) “2-平面区域粗加工(编辑)”对话框　　(b) 选取轮廓曲线

图 5-63 “几何”选项卡设置

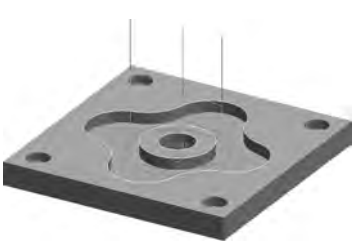


图 5-64 生成轨迹

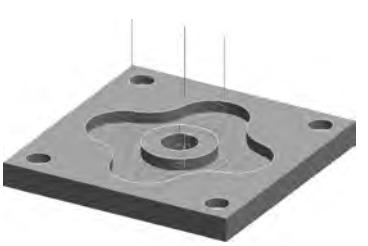


图 5-65 相关线

(2) 在菜单栏中选择“加工”→“其他加工”→“孔加工”命令，弹出孔加工菜单，在“加工参数”选项卡中输入主轴转速 600 r/min、钻孔速度 150mm/ min、钻孔深度 20mm，为保证钻透，可以输入 22mm，单击“拾取圆弧”按钮，拾取刚创建的 4 条 ϕ20 圆弧曲线，如图 5-66 所示；在“刀具参数”选项卡中单击“刀库”按钮选择 2 号刀，即 ϕ10 钻头，如图 5-67 所示，单击“确定”按钮，系统开始计算得到加工轨迹，如图 5-68 所示。

图 5-66 “加工参数”选项卡

图 5-67 选择刀具

6) 锪 ϕ20 孔

锪 ϕ20 孔切削参数同钻 ϕ10 孔，在“加工参数”选项卡中输入钻孔深度 8mm；在“刀具参数”选项卡中，单击“刀库”按钮，选择 3 号刀，即 ϕ20 钻头，单击“确定”按钮，系统开始计算得到加工轨迹，如图 5-68 所示。

7）精铣型腔和 ϕ60 凸台，精铣 ϕ30 孔

（1）右击选取轨迹管理栏中的“刀具轨迹”选项，选择“全部隐藏”命令，以便于观察精加工轨迹。

（2）在菜单栏中选择“加工”→“常用加工”→“平面轮廓精加工”命令，弹出“平面轮廓精加工”对话框，“加工参数”选项卡设置如图 5-69 所示，“接近返回”选项卡设置如图 5-70 所示，“切削用量”选项卡设置如图 5-71 所示。对于“刀具参数”从刀具库中选择 1 号刀，即 D20 立铣刀。

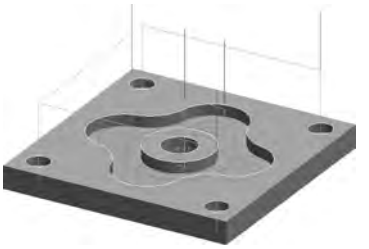


图 5-68　生成轨迹

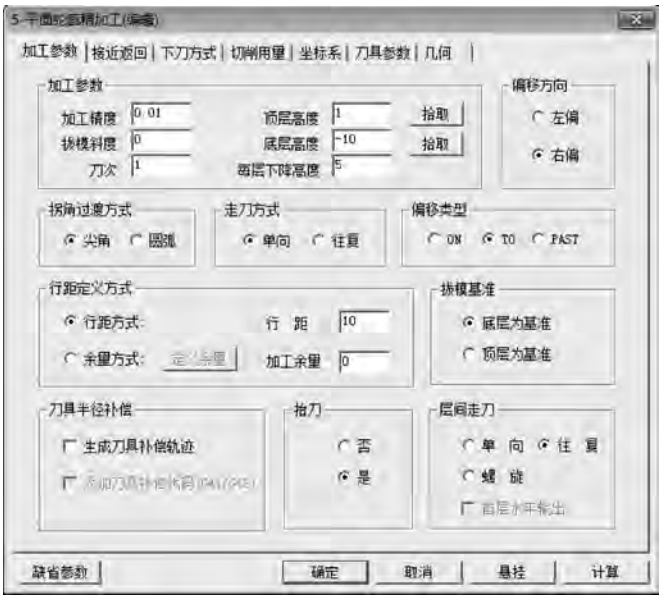


图 5-69　“加工参数”选项卡

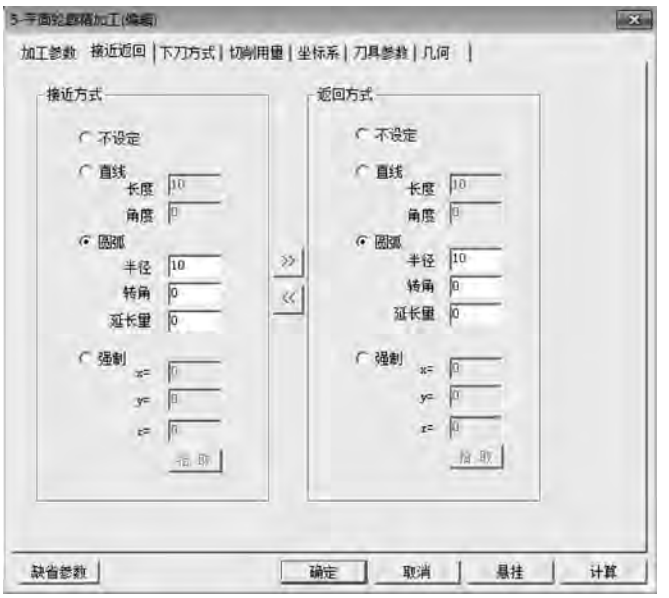


图 5-70　“接近返回”选项卡

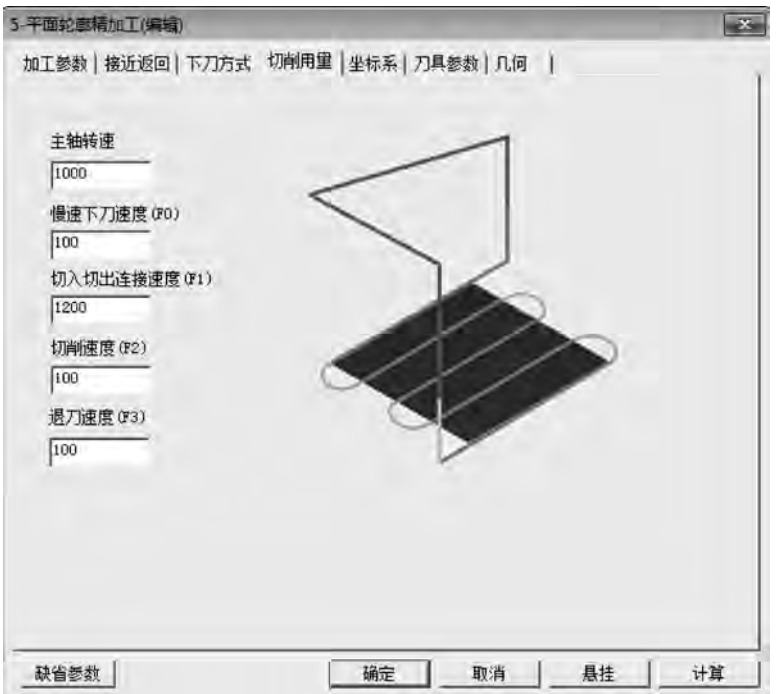


图 5-71 “切削用量”选项卡

(3)“几何”选项卡设置如图 5-72 所示,注意在选择曲线时搜索方向外边界顺时针、内边界逆时针,否则刀具补偿错误。

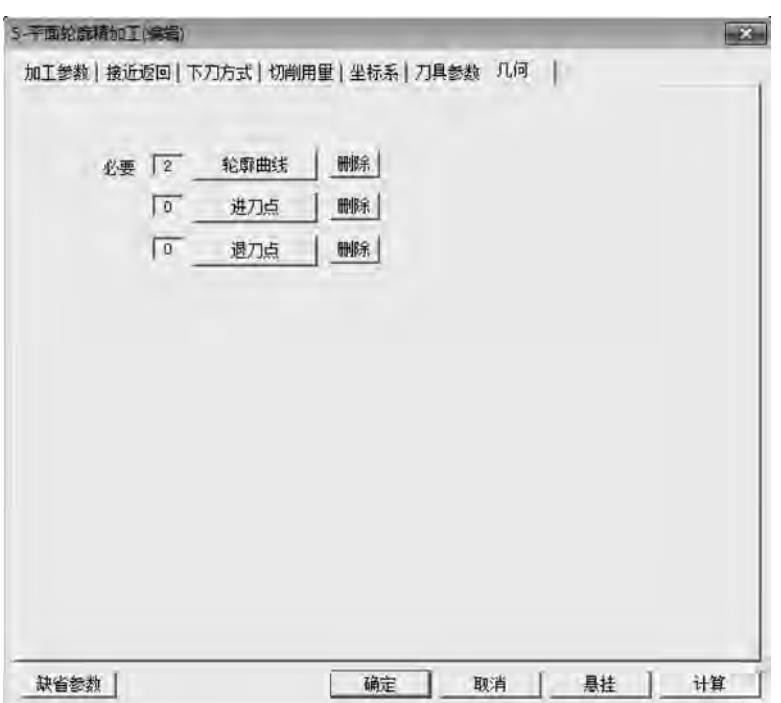


图 5-72 “几何”选项卡

(4) 其余选项卡设置默认，单击“确定”按钮，系统开始计算得到加工轨迹，如图 5-73 所示。

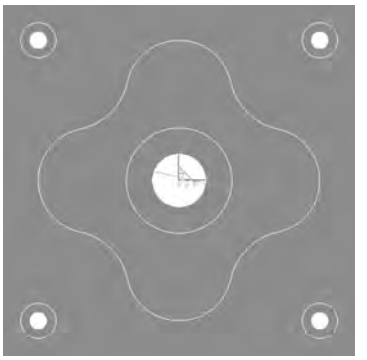


图 5-73　生成轨迹

3. 轨迹生成与验证

(1) 右击选取轨迹树中的“刀具轨迹”，选择“全部显示”命令，显示所有已生成的加工轨迹，如图 5-74 所示。

(2) 右击选取轨迹树中的“刀具轨迹”，选中生成的全部加工轨迹，如图 5-75 所示。再右击“刀具轨迹”，选择“实体仿真”，系统进入加工仿真界面，如图 5-76 所示。

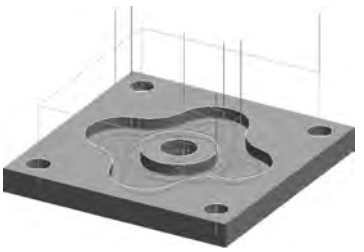


图 5-74　生成的加工轨迹

图 5-75　选中加工轨迹

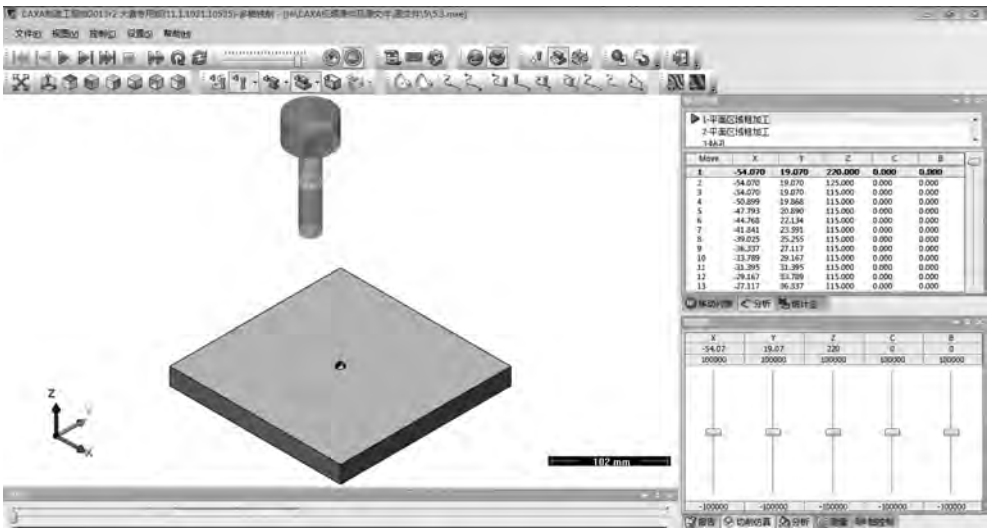


图 5-76　仿真加工界面

(3) 单击“开始”按钮，系统进入仿真加工状态，加工结果如图 5-77 所示。仿真检验无误后退出仿真程序，回到 CAXA 制造工程师 2013 的主界面，在菜单栏中选择“文件”→“保存”命令，保存粗加工和精加工轨迹。

4. 生成 G 代码

1) 后置设置

在菜单栏中选择“加工”→“后置处理”→“后置设置”命令，弹出“选择后置配置文件”对话框，如图 5-78 所示；选择当前机床类型为 fanuc，单击“编辑”按钮，打开“CAXA 后置配置”对话框，如图 5-79 所示，根据当前的机床设置各参数，然后另存，一般不需要改动。

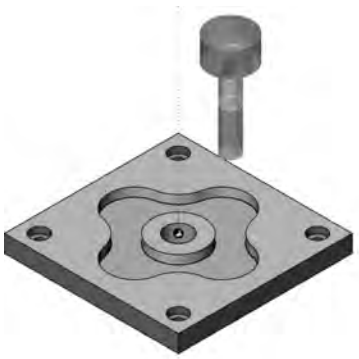


图 5-77 仿真加工结果

图 5-78 “选择后置配置文件”对话框

图 5-79 机床参数

2）生成 G 代码并保存

在菜单栏中选择“加工”→“后置处理”→“生成 G 代码”命令，弹出“生成后置代码”对话框，如图 5-80 所示；选择“代码文件”按钮弹出“另存为”对话框，如图 5-81 所示，填写加工代码文件名“501”，单击“保存”按钮。

图 5-80 “生成后置代码”对话框

图 5-81 “另存为”对话框

3）生成工艺清单

右击选取轨迹树中的“刀具轨迹”，选中生成的全部加工轨迹，再右击“刀具轨迹”，选择“工艺清单”，弹出“工艺清单”对话框，如图 5-82 所示，单击“确定”按钮即可生成工艺清单。至此，该零件的造型、生成加工轨迹、加工轨迹仿真检查、生成 G 代码程序及工艺清单的工作已经全部完成，可以把 G 代码程序通过局域网送到机床中了。

图 5-82 “工艺清单”对话框

【同步训练】

如图 5-83～图 5-85 所示的同步训练，完成零件的造型及代码生成。

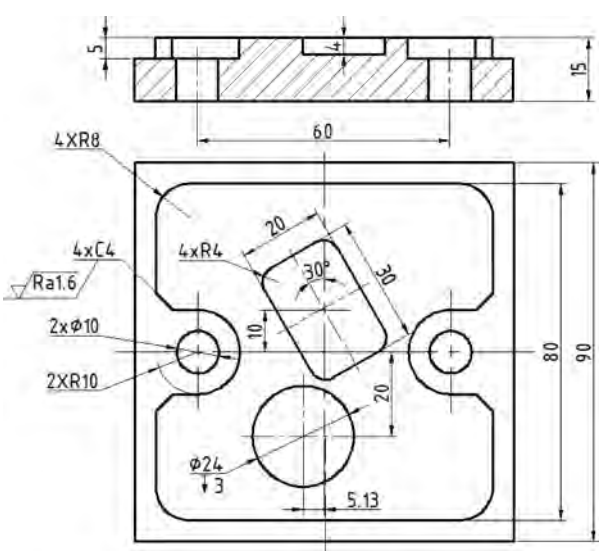


图 5-83 同步训练 1

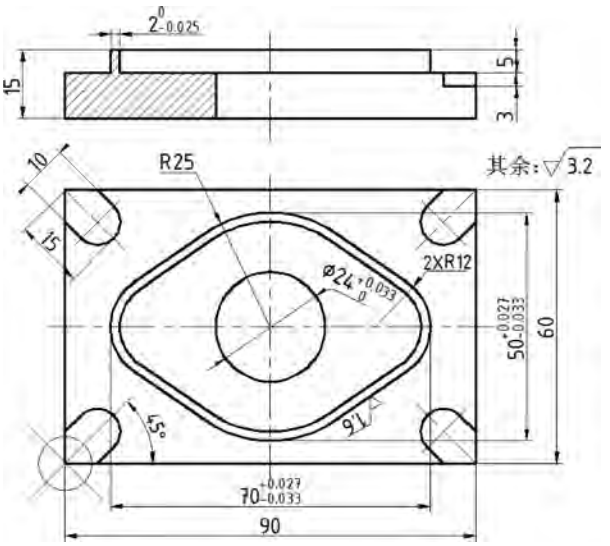


图 5-84 同步训练 2

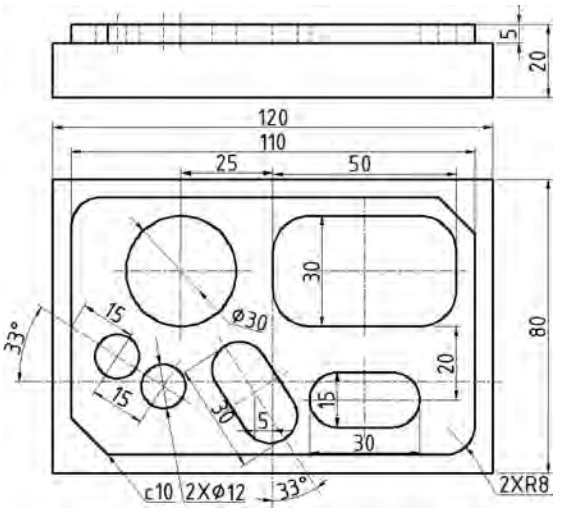


图 5-85 同步训练 3

5.2 任务 2 五角星零件的加工

【学习目标】

(1) 熟悉 CAXA 制造工程师建模及实现加工的步骤。

(2) 熟悉常用的加工方法及参数设置。

(3) 熟悉定位基准的选择及工件的装夹。

(4) 具有零件图的识读能力。

(5) 具有程序生成及后置处理能力。

(6) 具有运用等高线粗加工、扫描线精加工方法加工零件的能力。

【任务描述】

由图 5-86 可知，要加工的五角星零件材料为 45 钢，毛坯尺寸为 ϕ110mm×20mm，完成如图 5-86 所示的五角星零件的实体造型和加工。

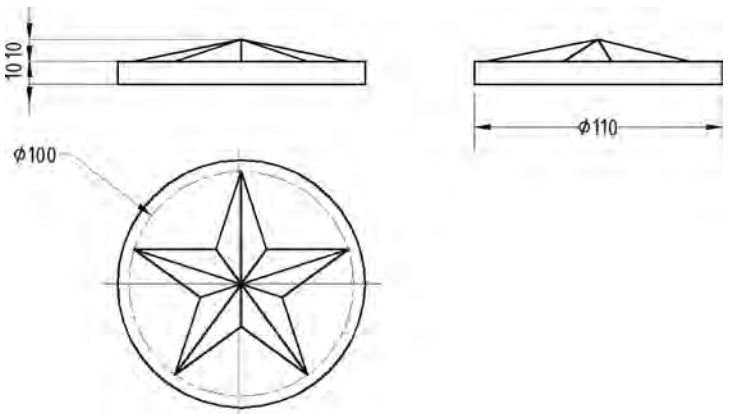


图 5-86　五角星零件图

【相关知识】

1. 等高线粗加工

单击加工工具栏中的“等高线粗加工”图标，弹出“等高线粗加工”对话框，如图 5-87 所示。

图 5-87　“等高线粗加工”对话框

1）加工参数

“加工参数”选项卡中的部分选项说明如下。

（1）加工方向。

加工方向设定有顺铣和逆铣两种选择。

(2) 行进策略。

行进策略设定有区域优先和层优先两种选择。

(3) 其他相关选项。

① 层高。Z 向每加工层的切削深度。

② 行距。输入 XY 方向的切入量。

③ 插入层数。两层之间的插入轨迹。

④ 拔模角度。加工轨迹会出现角度。

⑤ 切削宽度自适应。内部自动计算切削宽度。

(4) 余量和精度。

① 加工余量。输入相对加工区域的残余量,也可以输入负值。加工余量的含义如图 5-88(b)所示。

② 加工精度。输入模型的加工精度,计算模型的加工轨迹的误差小于此值。加工精度越大,模型形状的误差越大,模型表面越粗糙;加工精度越小,模型形状的误差越小,模型表面越光滑,但是,轨迹段的数目增多,轨迹数据量会变大。加工精度的含义如图 5-88(a)所示。

图 5-88 加工精度和加工余量

2) 区域参数

(1) 加工边界。

勾选“使用”可以拾取已有的边界曲线,如图 5-89 所示。

图 5-89 加工边界

“刀具中心位于加工边界”有重合、内侧、外侧 3 种方式。

① 重合。刀具位于边界上，如图 5-90 所示。

② 内侧。刀具位于边界的内侧，如图 5-91 所示。

③ 外侧。刀具位于边界的外侧，如图 5-92 所示。

(2) 工件边界。

勾选“使用”后以工件本身为边界，如图 5-93 所示。

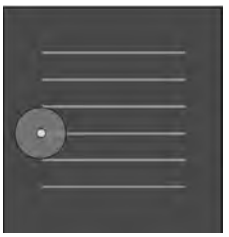


图 5-90 重合

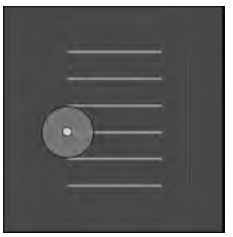


图 5-91 内侧

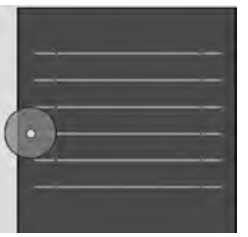


图 5-92 外侧

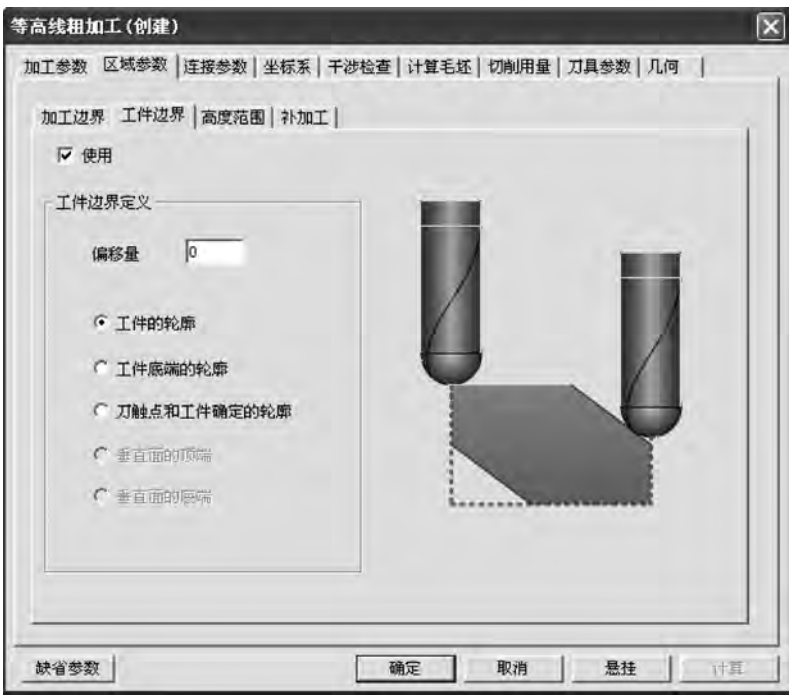


图 5-93 “工件边界”选项

“工件边界定义”可以使用偏移量进行调整。

① 工件的轮廓。刀心位于工件轮廓上。

② 工件底端的轮廓。刀尖位于工件底端轮廓。

③ 刀触点和工件确定的轮廓。刀接触点位于轮廓上。

(3) 高度范围。

① 自动设定。以给定毛坯高度自动设定 Z 的范围，如图 5-94 所示。

② 用户设定。用户自定义 Z 的起始高度和终止高度。

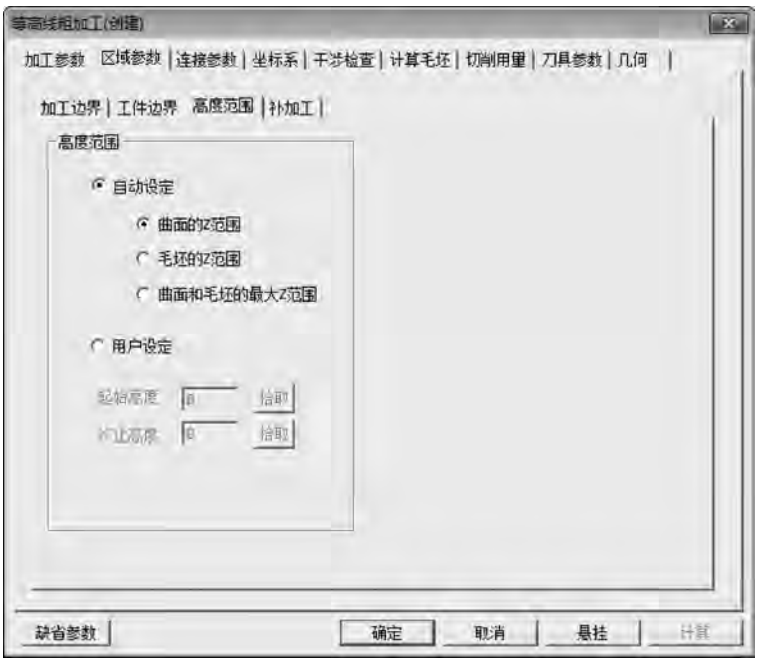


图 5-94 “高度范围”选项卡

(4) 补加工。

勾选“使用”可以自动计算前一把刀加工后的剩余量,从而进行补加工,如图 5-95 所示。

① 粗加工刀具直径。填写前一把刀的直径。

② 粗加工刀具圆角半径。填写前一把刀的刀角半径。

③ 粗加工余量。填写粗加工的余量。

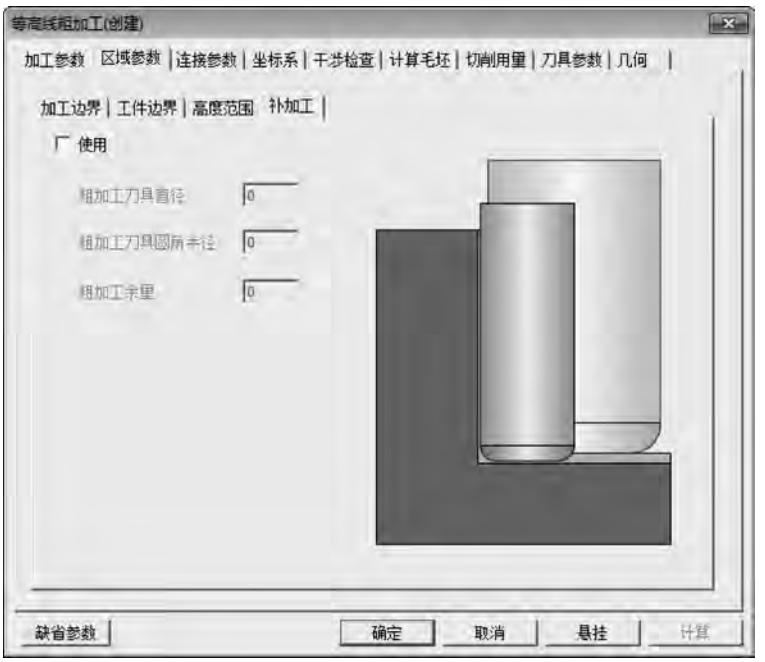


图 5-95 “补加工”选项卡

3）连接参数

（1）连接方式。

“连接方式”选项卡主要设定行间连接、层间连接以及接近/返回等有关参数，如图 5-96 所示。

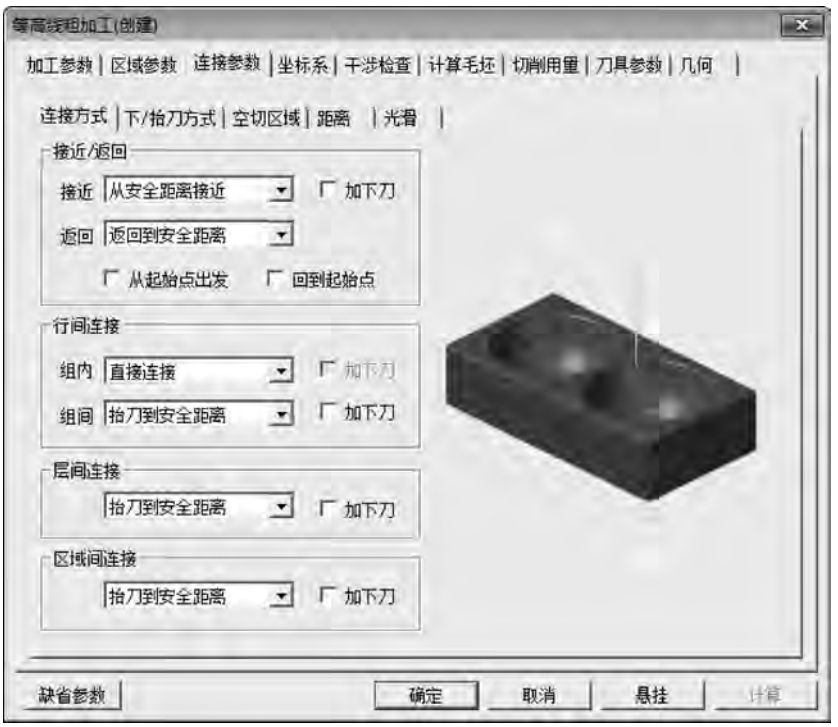


图 5-96 “连接方式”选项卡

① 接近/返回。从设定的高度接近工件和从工件回到设定高度，勾选“加下刀”后可以加入所选定的下刀方式。

② 行间连接。每行轨迹间的连接，勾选“加下刀”后可以加入所选定的下刀方式。

③ 层间连接。每层轨迹间的连接，勾选“加下刀”后可以加入所选定的下刀方式。

④ 区域间连接。两个区域间的轨迹连接，勾选“加下刀”后可以加入所选定的下刀方式。

（2）下/抬刀方式。

“下/抬刀方式”选项卡主要设定下刀及抬刀的方式，如图 5-97 所示。

① 中心可切削刀具。可选择自动、直线、螺旋、往复、沿轮廓 5 种下刀方式。

② 预钻孔点。标识需要钻孔的点。

（3）空切区域。

“空切区域”选项卡主要设定安全平面、光滑连接以及法向平面等参数，如图 5-98 所示。

① 安全高度。刀具快速移动而不会与毛坯或模型发生干涉的高度。

② 平面法矢量平行于。目前软件只支持主轴方向。

③ 平面法矢量。目前软件只支持 Z 轴正向。

④ 圆弧光滑连接。拾取后加入圆角半径。

⑤ 保持刀轴方向直到距离。保持刀轴的方向达到所设定的距离。

图 5-97 “下/抬刀方式”选项卡

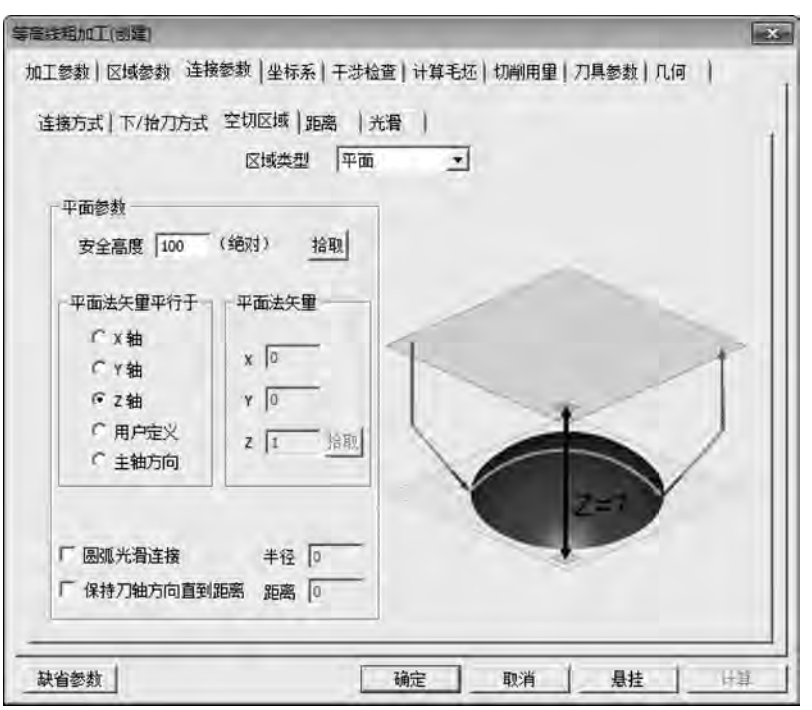


图 5-98 “空切区域”选项卡

(4) 距离。

其主要设定安全距离及进刀和退刀的距离,如图 5-99 所示。

图 5-99 “距离”选项卡

① 快速移动距离。在切入或切削开始前的一段刀位轨迹的位置长度,这段轨迹以快速移动方式进给。

② 慢速移动距离。在切入或切削开始前的一段刀位轨迹的位置长度,这段轨迹以慢速下刀速度进给。

③ 空走刀安全距离。距离工件的高度距离。

(5) 光滑。

“光滑”选项卡主要设定拐角处的光滑连接的有关参数,如图 5-100 所示。

① 光滑设置。将拐角或轮廓进行光滑处理。

② 删除微小面积。删除面积大于刀具直径百分比面积的曲面的轨迹。

③ 消除内拐角剩余。删除在拐角部的剩余量。

2. 扫描线精加工

扫描线精加工生成参数线加工轨迹。

在菜单栏中选择“加工”→“常用加工”→“扫描线精加工”命令,弹出如图 5-101 所示的“扫描线精加工”对话框,该对话框包括加工参数、区域参数、连接参数、坐标系、干涉检查、切削用量、刀具参数、几何 8 个选项卡。

“加工参数”选项卡中参数的含义如下。

1) 加工方式

(1) 单向。生成单向的轨迹。

(2) 往复。生成往复的轨迹。

(3) 向上。生成向上的扫描线精加工轨迹。

(4) 向下。生成向下的扫描线精加工轨迹。

图 5-100 “光滑”选项卡

图 5-101 “扫描线精加工”对话框

2）加工方向

（1）顺铣。生成顺铣的轨迹。

（2）逆铣。生成逆铣的轨迹。

3）加工开始角位置

设定在加工开始时从哪个角开始加工。

4）其他

（1）裁剪刀刃长度。裁剪小于刀具直径百分比的轨迹。

（2）自适应。内部自动计算适应的行距。

【任务实施】

1. 工艺分析

1）图样分析

图样分析主要包括零件轮廓形状等。从五角星零件图可以看出，加工表面包括10处斜面和ϕ100处平面，这两项在加工过程中应重点保证。

2）定位基准的选择

在选择定位基准时，要全面考虑各个工件的加工情况，保证工件定位准确、装卸方便，能迅速完成工件的定位和夹紧，保证各项加工的精度，应尽量选择工件上的设计基准作为定位基准。根据以上原则和图样分析，以底面定位，一次装夹，将所有表面和轮廓全部加工完成，保证了图样要求的尺寸精度和位置精度。

3）工件的装夹

该零件毛坯为圆柱体，采用三爪卡盘装夹。在采用三爪卡盘装夹工件时，工件被加工部分要高出钳口，以避免刀具与钳口发生干涉，夹紧工件时注意工件上浮。

4）确定工件坐标系及对刀位置

根据工艺分析，工件坐标编程原点设在ϕ110的中心，Z点设在上表面。编程原点确定后，编程坐标、对刀位置与工件坐标原点重合，对刀方法可根据机床选用手动对刀。

5）确定加工所用的各种工艺参数

切削条件的好坏直接影响加工的效率和经济性，这主要取决于编程人员的经验、工件的材料及性质、刀具的材料及形状、机床、刀具及工件的刚性、加工精度、表面质量要求、冷却系统等，具体参数如表5-4和表5-5所示。

表5-4 刀具参数表

序号	刀具名称	规格	用途	刀具材料
1	立铣刀	ϕ6	成型面粗加工	硬质合金
2	球头铣刀	R3	成型面精加工	硬质合金

表5-5 五角星零件加工参数表

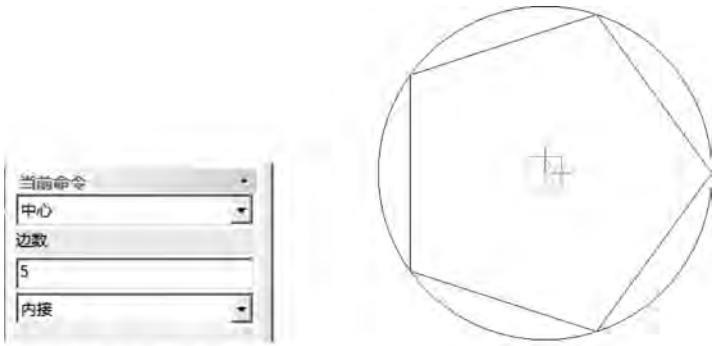
工步	加工内容	刀具编号	刀具名称	规格	主轴速度 /(r·min^{-1})	进给速度 /(mm·min^{-1})	切削深度 /mm	加工余量 /mm
1	粗铣	T01	立铣刀	ϕ6	3000	1200	1	1
2	精铣	T02	球头铣刀	R3	3500	700	1	0

2. 零件造型

五角星主要是由多个空间面构成的，因此在构造实体时首先应使用空间曲线构造实体的空间线架，然后利用直纹面生成曲面，在生成曲面时可以逐个生成也可以将生成的一个角的曲面进行圆形阵列，从而生成所有的曲面，最后使用曲面裁剪实体的方法生成实体，完成造型。

1）绘制五角星零件的框架

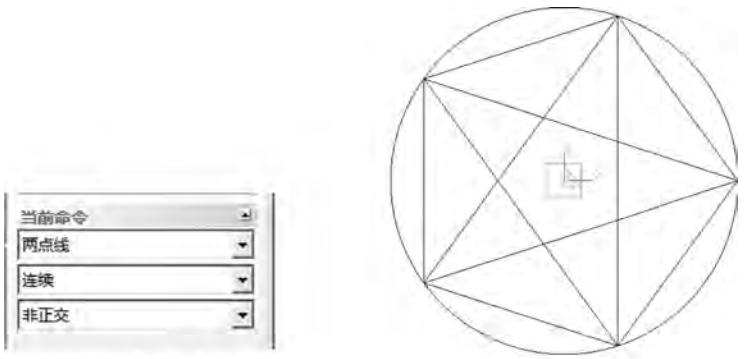
（1）五边形的绘制。单击曲线生成工具栏上的“正多边形”图标，在特征树下方的立即菜单中选择“中心”定位，输入边数5，选择内接方式，右击，按系统提示选择中心点，输入边起点为50（输入方法与圆的绘制相同），右击结束该五边形的绘制，如图5-102所示。



(a) 设置部分参数　　(b) 绘制结果

图5-102　五边形的绘制（1）

（2）绘制五角星的轮廓线。通过图5-102的操作获得了五角星的5个角点，单击曲线生成工具栏上的“直线”图标，在特征树下方的立即菜单中选择“两点线”“连续”“非正交”方式，将五角星的各个角点连接起来，如图5-103所示。



(a) 设置部分参数　　(b) 绘制结果

图5-103　五角星的绘制（2）

（3）选择“删除”图标将多余的线段删除，单击拾取多余的线段，拾取的线段会变成红色，右击，结果如图5-104所示。

（4）单击线面编辑栏中的“曲线裁剪”图标，在特征树下方的立即菜单中选择“快速裁剪”“正常裁剪”方式，单击剩余的线段即可进行曲线的裁剪，结果如图5-105所示。

（5）绘制五角星的空间线架。在构造空间线架时需要五角星的一个顶点，因此需要在五角星的高度方向上绘制一点（0，0，10），以便通过两点连线实现五角星的空间线架构造。

（6）单击曲线生成栏上的“直线”图标，在特征树下方的立即菜单中选择“两点线”“连续”“非正交”，单击五角星的任一个角点，然后按空格键，输入顶点坐标（0，0，10），按回车键完成，绘制五角星各个角点与顶点的连线，完成五角星的空间线架，如图5-106所示。

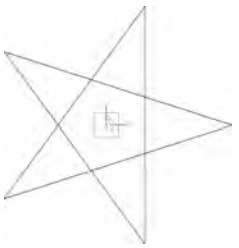


图 5-104　删除

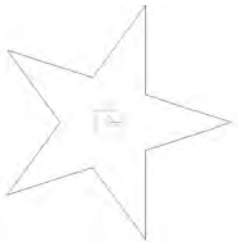
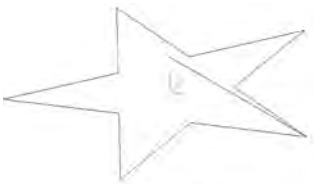
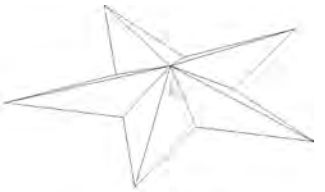


图 5-105　裁剪



(a) 绘制点及连线



(b) 绘制结果

图 5-106　五角星的空间线架

2）五角星曲面的生成

（1）使用直纹面生成曲面。单击曲面生成栏中的“直纹面”图标，在特征树下方的立即菜单中选择以“曲线＋曲线”的方式生成直纹面，然后单击拾取与该角相邻的两条直线完成曲面，如图 5-107 所示。

注意：当生成方式为“曲线＋曲线”时，在拾取曲线时应注意拾取点的位置，应拾取曲线同侧的对应位置，否则将使两曲线的方向相反，生成的直纹面发生扭曲，如图 5-108 所示。

图 5-107　直纹面

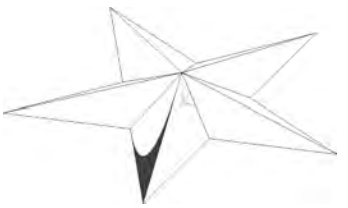


图 5-108　扭曲的直纹面

（2）生成其他各个角的曲面。在生成其他曲面时，可以利用直纹面逐个生成曲面，也可以使用阵列功能对已有一个角的曲面进行圆形阵列来实现五角星的曲面构成。

（3）单击几何变换栏中的“阵列”图标，在特征树下方的立即菜单中选择“圆形”阵列方式、“均布”，份数输入 5，然后单击拾取一个角上的两个曲面，右击，并根据提示输入中心点坐标(0,0,0)，也可以直接用单击拾取坐标原点，系统会自动生成各角的曲面，如图 5-109 所示。

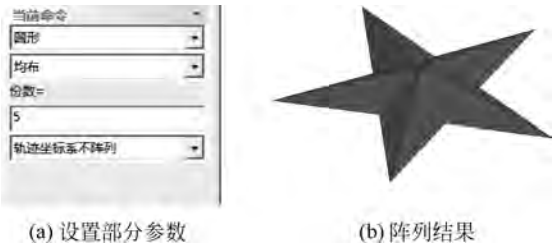
在使用圆形阵列时要注意阵列平面的选择，否则曲面会发生阵列错误，因此，在本例中使用阵列前最好按一下 F5 键，用来确定阵列平面为 *XOY* 平面。

（4）生成五角星的加工轮廓平面。首先以原点(0,0,0)为圆心做半径为 55 的圆，如图 5-110 所示。

（5）单击曲面生成栏中的“平面”图标，在特征树下方的立即菜单中选择“裁剪平面”。

（6）单击拾取平面的外轮廓线，确定链搜索方向(用单击点取箭头)，系统会提示拾取第一个内轮廓线，再单击拾取五角星底边的一条线，然后确定链搜索方向(单击点取箭头)，右击，完

成加工轮廓平面的创建，如图 5-111 所示。



(a) 设置部分参数　　(b) 阵列结果

图 5-109　阵列

图 5-110　五角星的加工轮廓平面

3）生成加工实体

（1）按 F2 键，进入草图绘制状态，单击曲线生成栏上的“曲线投影”图标，再单击拾取已有的 R55 外轮廓圆，将圆投影到草图上，如图 5-112 所示。

图 5-111　加工轮廓面

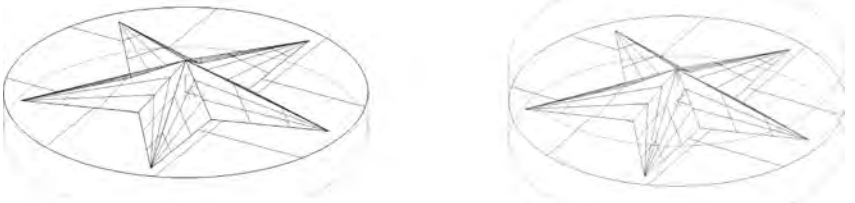
图 5-112　曲线投影

（2）单击特征生成栏上的“拉伸增料”图标，在“拉伸增料”对话框中选择相应的选项，如图 5-113 所示，单击“确定”按钮完成。

(a) 设置参数　　(b) 拉伸增料结果

图 5-113　实体的生成

（3）利用曲面裁剪除料生成实体。单击特征生成栏上的“曲面裁剪除料”图标，用鼠标左键框选所有曲面，并且选择除料方向，如图 5-114 所示，单击“确定”按钮完成。



(a) 选择曲面　　(b) 裁剪除料结果

图 5-114　曲面裁剪除料

（4）在菜单栏中选择“设置”选项，选择“拾取过滤设置”命令，在弹出的对话框中勾选“空间点”“空间曲面”“空间曲线”；再单击“编辑”，选择“隐藏”命令，用鼠标左键框选所有，右击，则实体上的曲面即被全部隐藏，如图 5-115 所示。

图 5-115　曲面隐藏效果

注意：由于在实体加工中有些曲线和曲面是需要保留的，因此不要随便删除。

3. 加工设置

1）设定加工刀具

在轨迹管理栏中双击“刀具库”，弹出“刀具库”对话框，如图 5-116 所示，单击“增加”按钮，弹出“刀具定义”对话框，如图 5-117 所示。

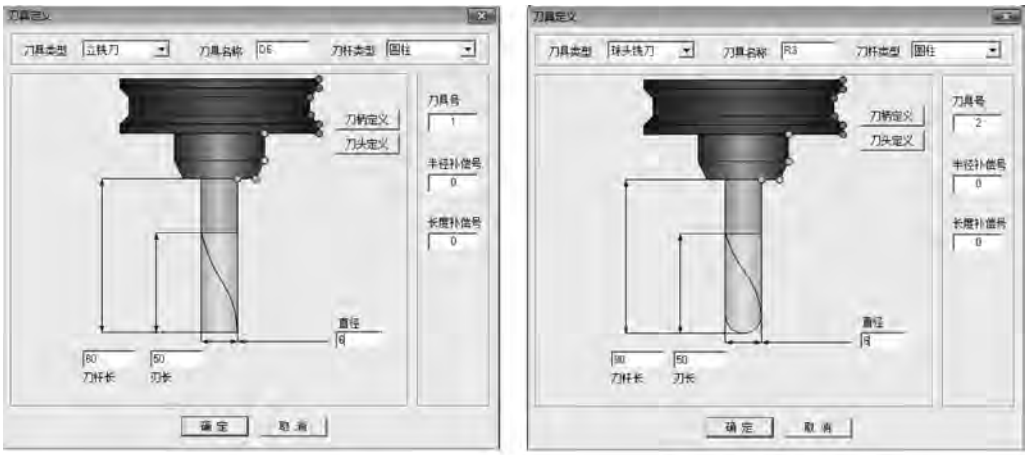
刀具库

共 11 把　增 加　清 空　导 入　导 出

类 型	名 称	刀 号	直 径	刃 长	全 长	刀杆类型	刀杆直径	半径补偿号	长度补偿号
立铣刀	EdML_0	0	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	0	0
立铣刀	EdML_0	1	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	1	1
圆角铣刀	BullML_0	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	2	2
圆角铣刀	BullML_0	3	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	3	3
球头铣刀	SphML_0	4	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	4	4
球头铣刀	SphML_0	5	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	5	5
燕尾铣刀	DvML_0	6	20.000	6.000	80.000	圆柱	20.000	6	6
燕尾铣刀	DvML_0	7	20.000	6.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	7	7
立铣刀	D20	1	20.000	50.000	80.000	圆柱	20.000	0	0
钻头	D10	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	0	0

确 定　取 消

图 5-116　“刀具库”对话框



(a) 设置刀具D6的参数　(b) 设置刀具R3的参数

图 5-117　定义刀具 D6 和 R3

此处增加一个粗加工需要的铣刀 D6，设定增加的铣刀的参数，在“刀具定义”对话框中输入正确的数值，刀具定义即可完成。同理增加一把球头铣刀 R3，其中的刃长和刀杆长与仿真有关，与实际加工无关，在实际加工中要正确选择吃刀量和吃刀深度，以免损坏刀具。

2）设定加工毛坯

（1）单击“相关线”图标，选择“实体边界”，然后单击实体底面棱边投出 R55 圆弧，如图 5-118 所示。

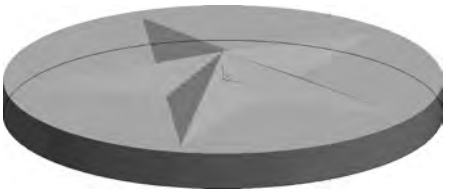


图 5-118　相关线

（2）在特征树的轨迹管理栏中双击“毛坯”，弹出“毛坯定义”对话框，在“类型”中选择“柱面”，单击“拾取平面轮廓”，选择刚生成的相关线，“高度”输入 25，单击“线框”按钮，显示真实感，结果如图 5-119 所示。

（3）单击“确定”按钮后生成毛坯，如图 5-120 所示。

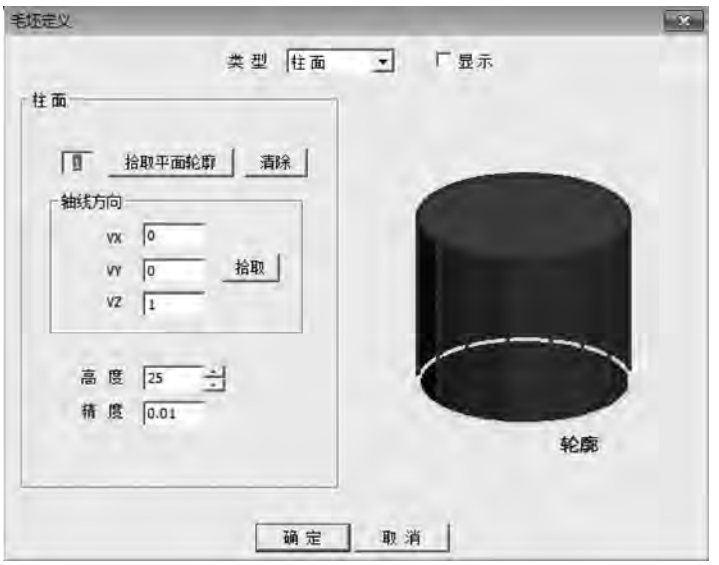


图 5-119　“毛坯定义”对话框

（4）用鼠标右键选取特征树的轨迹管理栏中的“毛坯”，选择“隐藏毛坯”命令，可以将毛坯隐藏。

3）五角星常规加工

加工思路：主要使用等高线粗加工、扫描线精加工。

五角星的整体形状较为平坦，因此整体加工时应该选择等高线粗加工，在精加工时应采用扫描线精加工。

（1）等高线粗加工刀具轨迹设置步骤。

① 设置粗加工参数。单击“等高线粗加工”图标，在弹出的“等高线粗加工”对话框中设置等高线粗加工的“加工参数”，如图 5-121 所示。

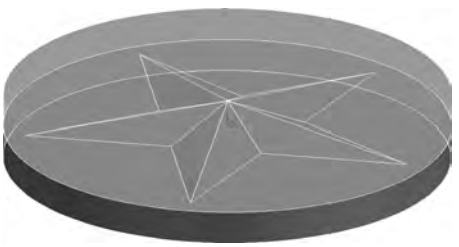


图 5-120　毛坯效果

② 设置等高线粗加工的“切削用量”，如图 5-122 所示。

③ 设置等高线粗加工的“刀具参数”。单击“刀库”按钮，选择增加的刀具号为 1 的 D6 立铣刀，如图 5-123 所示。

图 5-121 “加工参数”选项卡

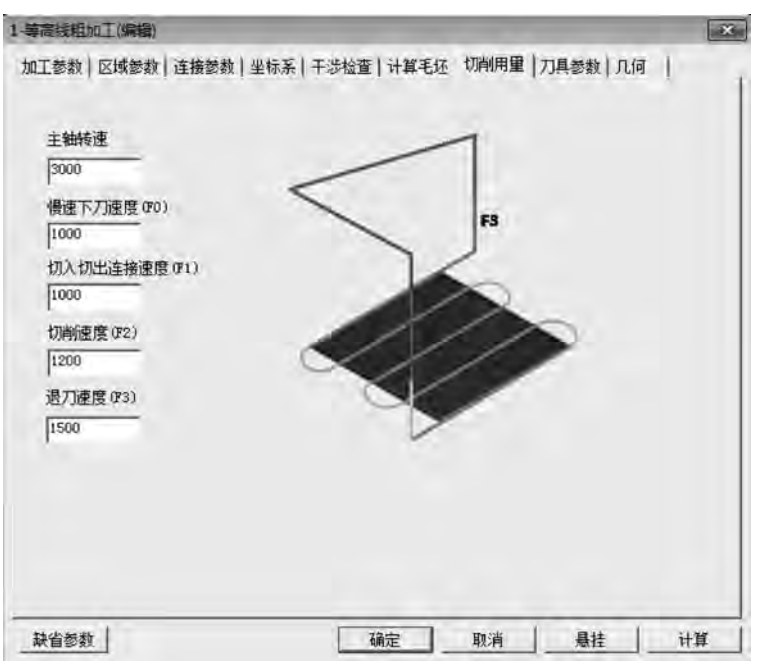


图 5-122 “切削用量”选项卡

④ 设置等高线粗加工的“几何”。在菜单栏中选择“设置”，选择“拾取过滤设置”命令，在弹出的对话框中单击“选中所有类型”按钮，再单击“编辑”，选择“可见”命令，用鼠标左键框选所有，右击，则实体上的曲面即被全部显示。单击“加工曲面”框选所有曲面，然后右击，如图 5-124 所示。

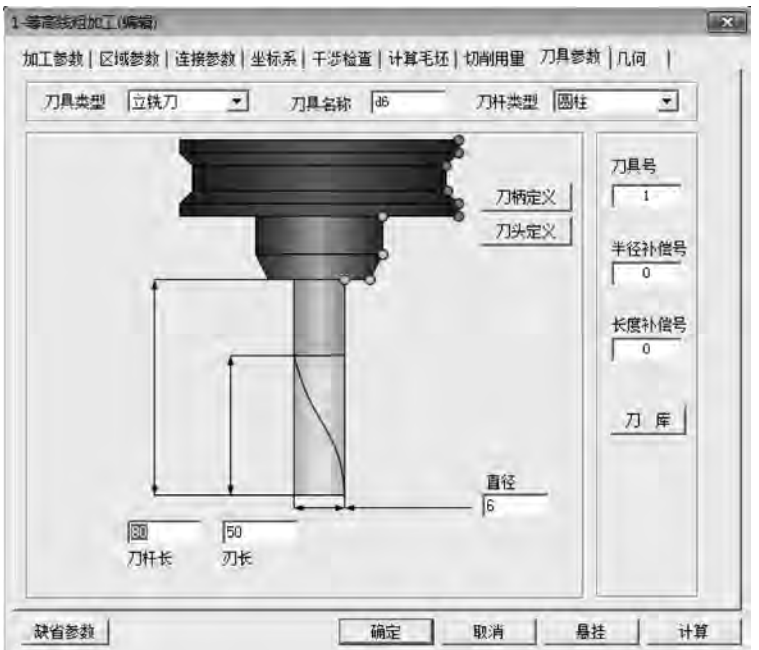


图 5-123 “刀具参数”选项卡

图 5-124 “几何”选项卡

⑤ 单击“确定”按钮，系统开始计算并生成粗加工刀路轨迹，这个过程根据计算机的配置情况不同所用的时间有所不同，结果如图 5-125 所示。

⑥ 隐藏生成的粗加工轨迹。在轨迹管理栏中用鼠标右键选取“等高线粗加工”，选择“隐藏”命令，隐藏生成粗加工轨迹，以便于下一步操作。

(2) 扫描线精加工。

① 设置扫描线精加工参数。在菜单栏中选择“加工”→“常用加工”→“扫描线精加工”命令，或直接单击“扫描线精加工”图标，在弹出的“扫描线精加工”的对话框中设置扫描线精加工的“加工参数”，如图 5-126 所示。

② 设置扫描线精加工的“切削用量”，如图 5-127 所示。

③ 设置扫描线精加工的“刀具参数”。单击“刀库”按钮，选择增加的刀具号为 2 的 R3 球头铣刀，如图 5-128 所示。

④ 设置“几何”和粗加工一样选择所有曲面，单击“确定”按钮，系统开始计算并生成刀路轨迹，结果如图 5-129 所示。

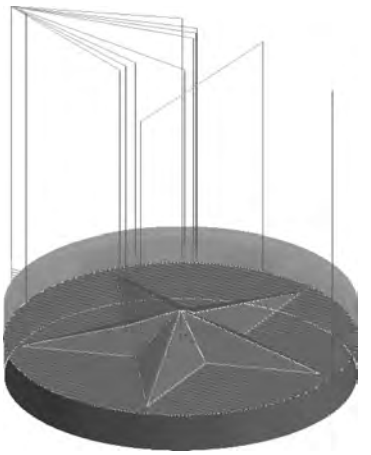


图 5-125 等高线粗加工刀路轨迹

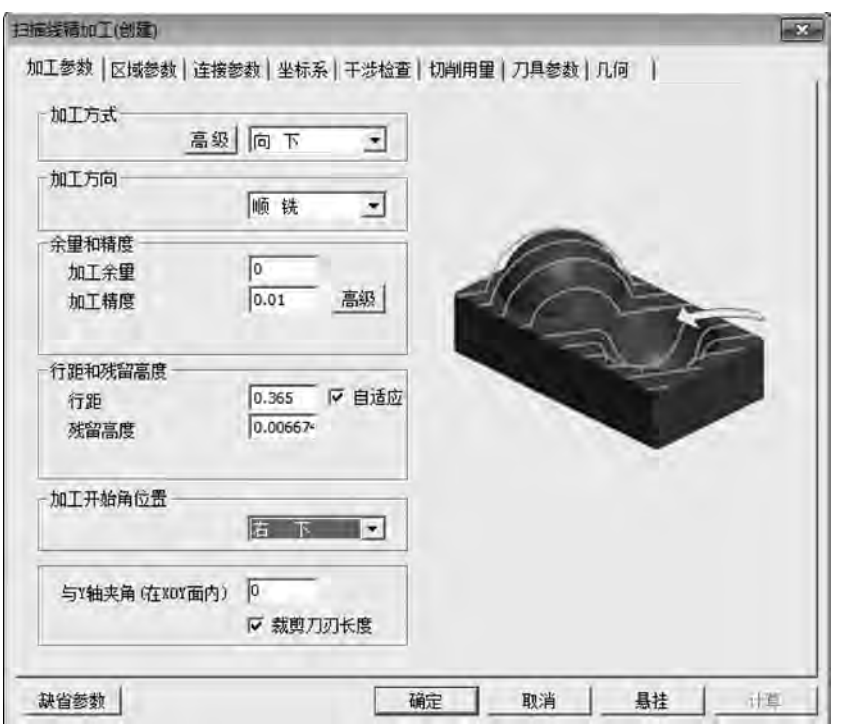


图 5-126 “加工参数”选项卡

4. 轨迹生成与验证

(1) 右击选取轨迹树中的“刀具轨迹”，在弹出的快捷菜单中选择“全部显示”，显示所有已生成的加工轨迹，如图 5-130 所示。

(2) 右击轨迹树中的“刀具轨迹”，选中生成的全部加工轨迹，再右击“刀具轨迹”，选择“实体仿真”，系统进入加工仿真界面，如图 5-131 所示。

(3) 单击“开始”按钮，系统进入仿真加工状态，加工结果如图 5-132 所示。仿真检验无误后退出仿真程序，回到 CAXA 制造工程师 2013 的主界面，在菜单栏中选择“文件”→“保存”命令，保存粗加工和精加工轨迹。

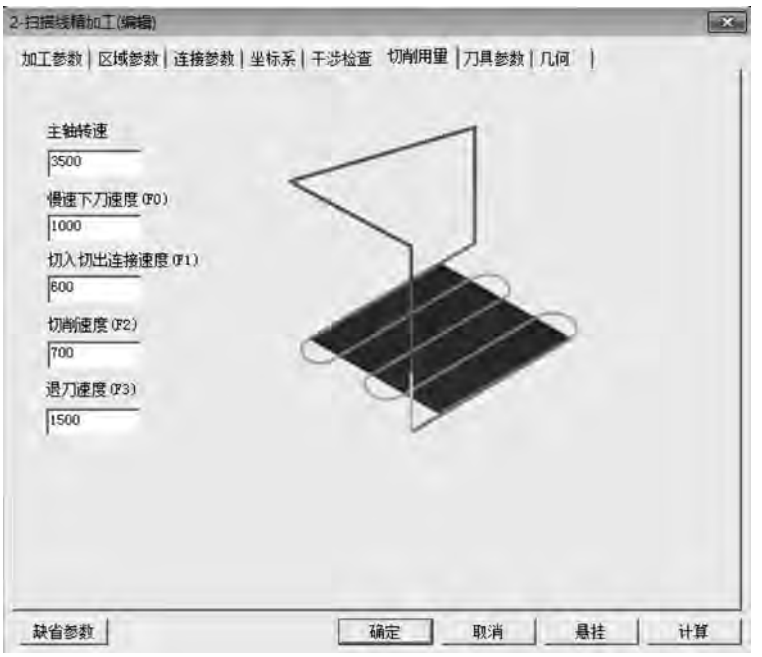


图 5-127 “切削用量”选项卡

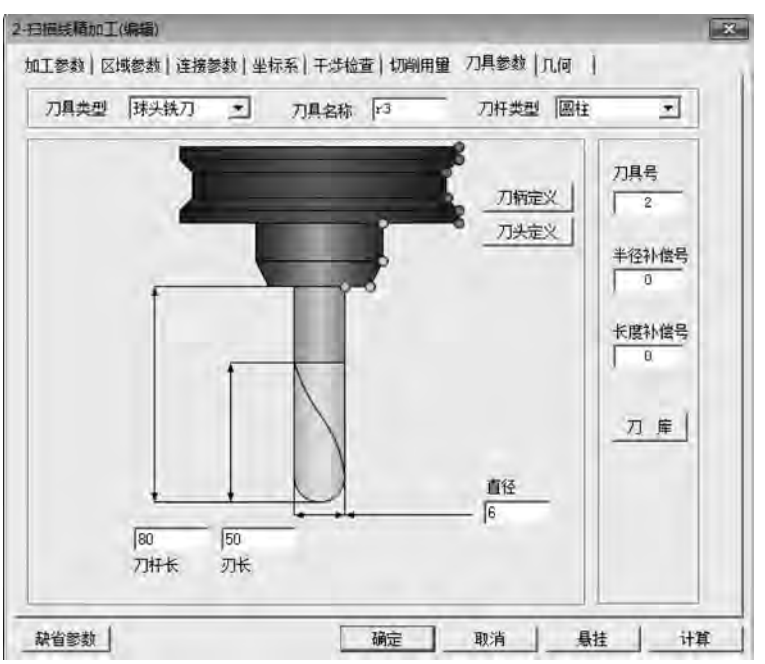


图 5-128 “刀具参数”选项卡

【同步训练】

如图 5-133～图 5-135 所示的同步训练，完成零件的造型及代码生成。

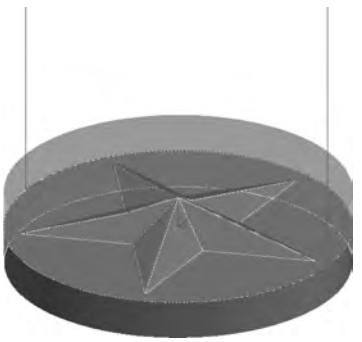


图 5-129　扫描线精加工刀路轨迹

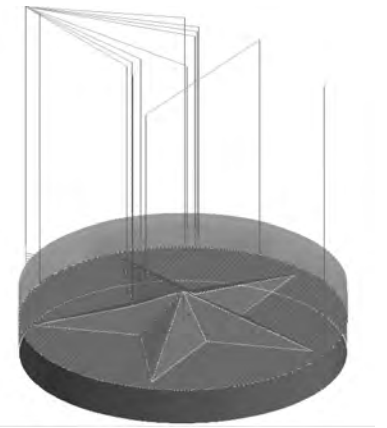


图 5-130　生成的加工轨迹

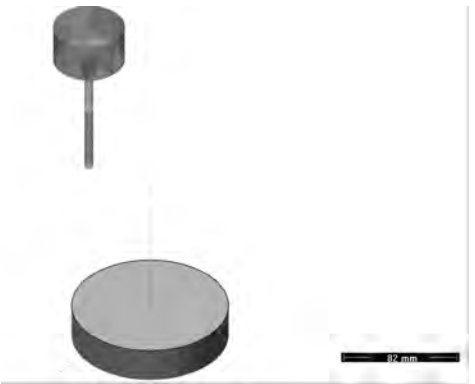


图 5-131　仿真加工界面

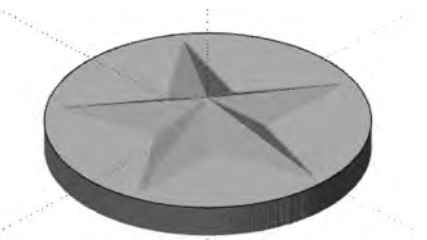


图 5-132　仿真加工结果

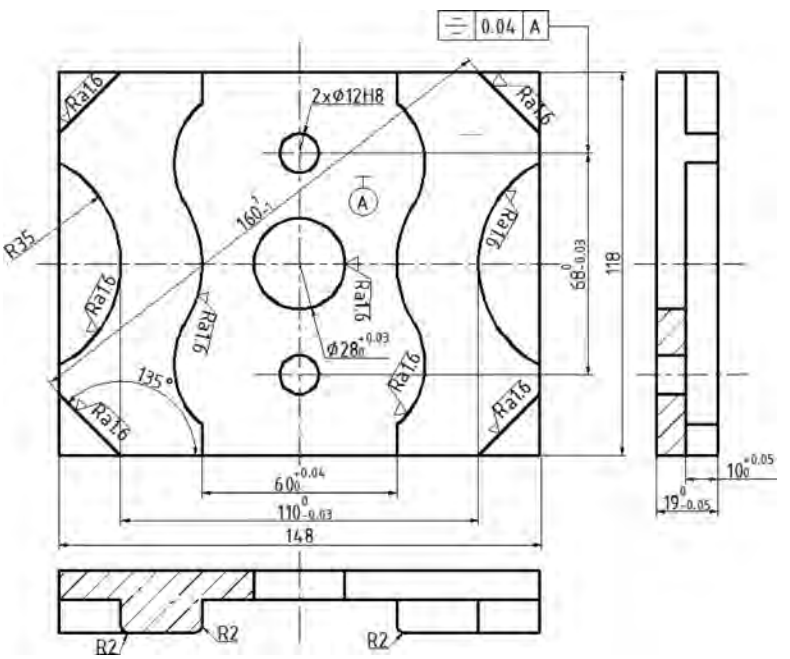


图 5-133　同步训练 1

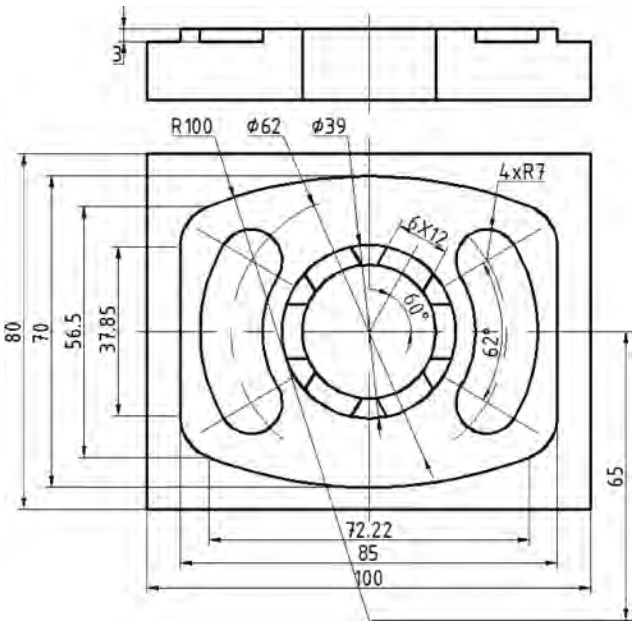


图 5-134 同步训练 2

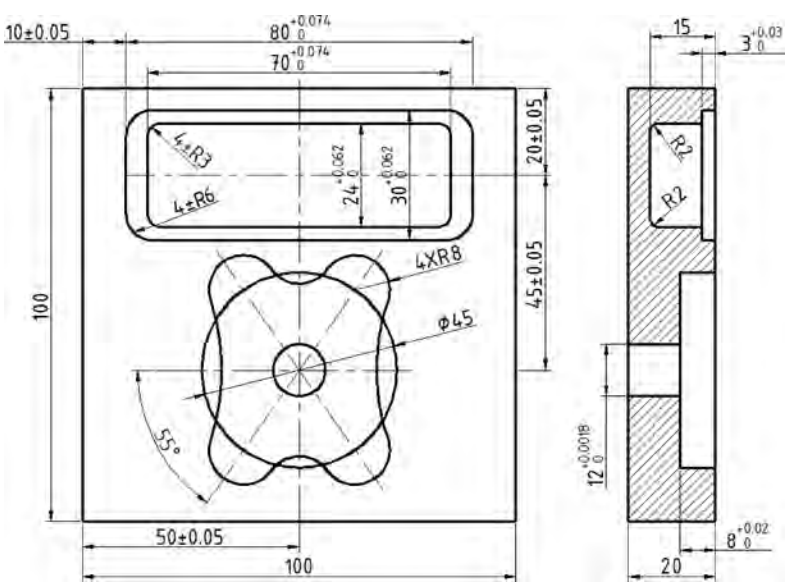


图 5-135 同步训练 3

5.3 任务 3 鼠标零件的加工

【学习目标】

(1) 熟悉 CAXA 制造工程师建模及实现加工的步骤。

(2) 熟悉常用的加工方法及参数设置。

(3) 熟悉定位基准的选择及工件的装夹。

(4) 具有零件图的识读能力。

(5) 具有程序生成及后置处理能力。

(6) 具有运用等高线精加工方法加工零件的能力。

【任务描述】

完成如图 5-136 所示的鼠标的实体造型和加工。

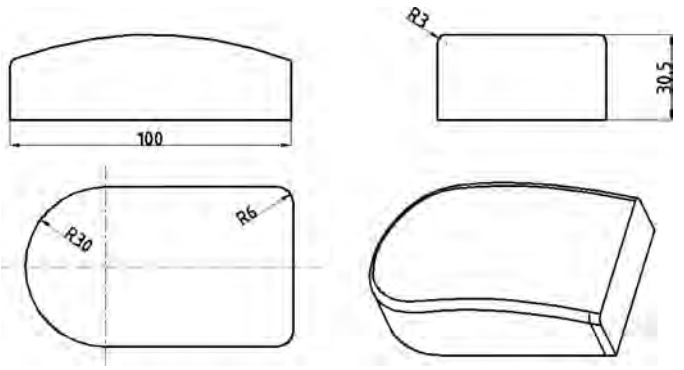


图 5-136 鼠标零件图

【相关知识】

等高线精加工生成等高线加工轨迹。

在菜单栏中选择“加工”→“常用加工”→“高线精加工”命令，弹出如图 5-137 所示的“等高线精加工”对话框。前面已经介绍了等高线粗加工，下面只介绍前面没有讲解的选项。

图 5-137 “等高线精加工”对话框

1. 加工参数

(1) 加工方向。

加工方向设定有顺铣和逆铣两种选择。

(2) 行进策略。

行进策略有两种选择：区域优先和层优先。

(3) 层高。

Z 向每个加工层的切削深度。

2. 区域参数

在“区域参数”选项卡中增加了坡度范围、下刀点、圆角过渡及分层选项。

(1) 坡度范围。选择使用后能够设定斜面角度范围和加工区域，如图 5-138 所示。

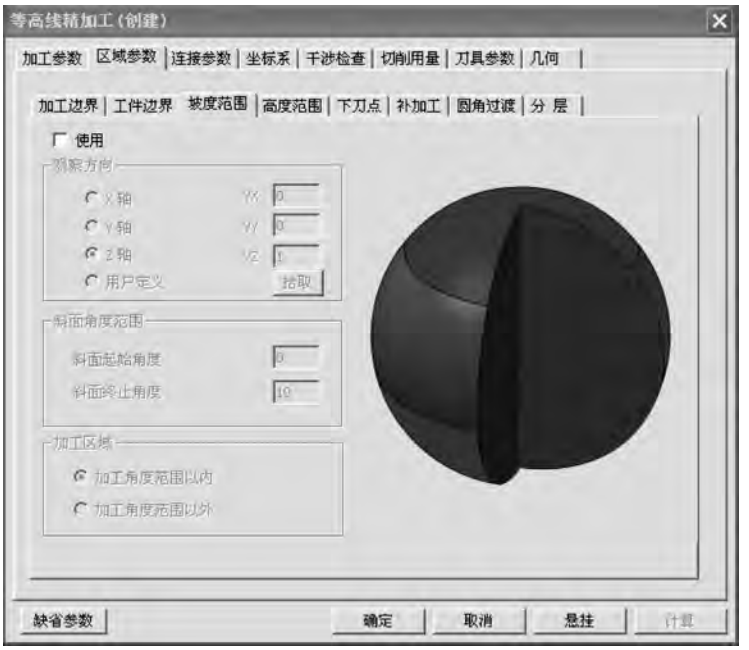


图 5-138 “坡度范围”选项卡

① 斜面角度范围。在斜面的起始和终止角度内填写数值来完成坡度的设定。

② 加工区域。选择所要加工的部位是在加工角度以内还是在加工角度以外。

(2) 下刀点。选择使用后能够拾取开始点和在后续层开始点选择的方式，如图 5-139 所示。

① 开始点。加工时加工的起始点。

② 在后续层开始点选择的方式。在移动给定的距离后的点下刀。

【任务实施】

1. 工艺分析

1) 图样分析

图样分析主要包括零件的轮廓形状、精度、技术要求和定位基准等。从鼠标零件图可以看出，加工表面主要是鼠标曲面。

图 5-139 “下刀点”选项卡

2）定位基准的选择

在选择定位基准时，要全面考虑各个工件的加工情况，保证工件定位准确、装卸方便，能迅速完成工件的定位和夹紧，保证各项加工的精度，应尽量选择工件上的设计基准作为定位基准。根据以上原则和图样分析，加工该零件时以底面定位，一次装夹，将所有表面和轮廓全部加工完成，从而保证图样要求的尺寸精度和位置精度。

3）工件的装夹

该零件毛坯为长方体，加工表面包括各个曲面，采用平口虎钳装夹，在用平口虎钳装夹工件时，应首先找正虎钳固定钳口，注意工件应安装在钳口中间部位，下表面由支承板找正，工件被加工部分要高出钳口，以避免刀具与虎钳发生干涉，夹紧工件时，注意工件上浮。

4）确定工件坐标系及对刀位置

根据工艺分析，工件坐标系编程原点设在上表面 R30 圆弧的中心，对刀位置与工件坐标系原点重合，对刀方法可根据机床选用手动对刀。

5）确定加工所用的各种工艺参数

切削条件的好坏直接影响加工的效率和经济性，这主要取决于编程人员的经验、工件的材料及性质、刀具的材料及形状、机床、加工精度、表面质量要求、冷却系统等，具体参数如表 5-6 和表 5-7 所示。

表 5-6 刀具参数表

序号	刀具名称	规格	用途	刀具材料
1	立铣刀	ϕ10	鼠标曲面粗加工及侧面精加工	硬质合金
2	球头铣刀	R5	鼠标曲面精加工	硬质合金

表 5-7 鼠标加工参数表

工步	加工内容	刀具编号	刀具名称	规格	主轴转速 /(r·min^{-1})	进给速度 /(mm·min^{-1})	切削深度 /mm	加工余量 /mm
1	粗铣所有面	T01	立铣刀	ϕ10	1500	200	1	1
2	粗铣所有面	T02	球头铣刀	R5	2000	150	1	0
3	精铣侧面	T01	立铣刀	ϕ10	2000	150	5	0

2. 零件造型

1）创建鼠标底面草图

（1）单击特征树中的“平面 *XY*”，确定绘制草图的基准面，在屏幕绘图区中显示一个虚线框，表明该平面被拾取到。单击“绘制草图”图标，进入绘制草图状态。

（2）单击“矩形”图标，在立即菜单中选择“中心_长_宽”方式，在长度和宽度中分别输入100mm 和 60mm，如图 5-140 所示，按回车键确定。在绘图区中选择矩形中心，单击原点确定，右击，矩形如图 5-141 所示，然后按 F2 键退出草图。

图 5-140 矩形立即菜单

图 5-141 矩形

（3）单击“圆弧”图标，在立即菜单中选择“三点圆弧”，按空格键选择“切点”，在矩形右侧生成内切半圆弧，右击，圆弧如图 5-142 所示。

（4）单击“曲线裁剪”图标，选择需要裁剪的线条，右击，再单击“删除”图标删除多余的线条，如图 5-143 所示，按 F2 键退出草图绘制状态。

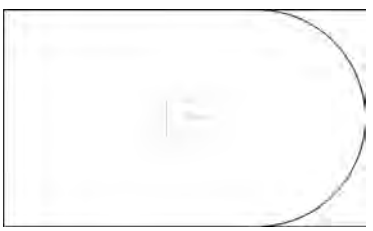


图 5-142 三点圆弧

图 5-143 曲线编辑

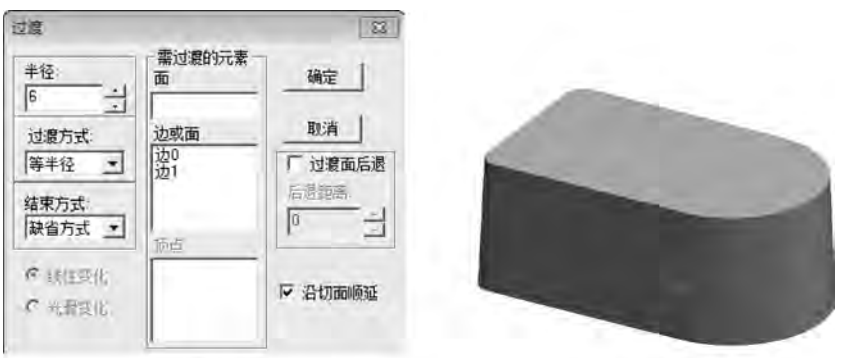
2）创建鼠标基本体

（1）按 F8 键显示轴测图，单击“拉伸增料”图标，在弹出的对话框中输入深度 40，单击拾取草图，生成实体，如图 5-144 所示。

（2）单击“过渡”图标，对话框中输入半径 6，按对话框提示拾取“需过渡的元素”，单击“确定”按钮生成实体，如图 5-145 所示。

(a) “拉伸增料”对话框　　(b) 设计结果

图 5-144　“拉伸增料”对话框及设计结果



(a) “过渡”对话框　　(b) 设计结果

图 5-145　“过渡”对话框及设计结果

3）创建鼠标顶面

（1）单击“样条线”图标，按回车键，弹出“输入坐标”对话框，依次输入坐标点“－50，0，15”“0，0，30.5”“50，0，15”，输入 3 点后按回车键，右击，生成的样条线如图 5-146 所示。

（2）单击“扫描面”图标，在立即菜单中输入“起始距离”为－40、“扫描距离”为 80，按左下角提示输入扫描方向，按空格键弹出方向工具菜单，选择“Y 轴正向”，拾取曲线，右击，生成一张曲面，如图 5-147 所示。

图 5-146　样条线

图 5-147　扫描面

（3）单击“曲面裁剪除料”图标，选择刚生成的扫描面，在对话框中勾选“除料方向选择”，单击“确定”按钮，完成曲面裁剪除料，如图 5-148 所示。

（4）用鼠标左键分别拾取曲面和样条线，右击，在弹出的快捷菜单中选择“隐藏”命令，隐藏曲面和样条线。

(a) “曲面裁剪除料”对话框　(b) 裁剪图1　(c) 裁剪图2

图 5-148　曲面裁剪除料

(5) 单击“过渡”图标，在弹出的对话框中输入半径为 3，依次拾取曲面交线，单击“确定”按钮，生成实体圆弧过渡，如图 5-149 所示。

(a) “过渡”对话框　(b) 设计结果

图 5-149　圆弧过渡

3. 加工设置

1) 设置加工刀具

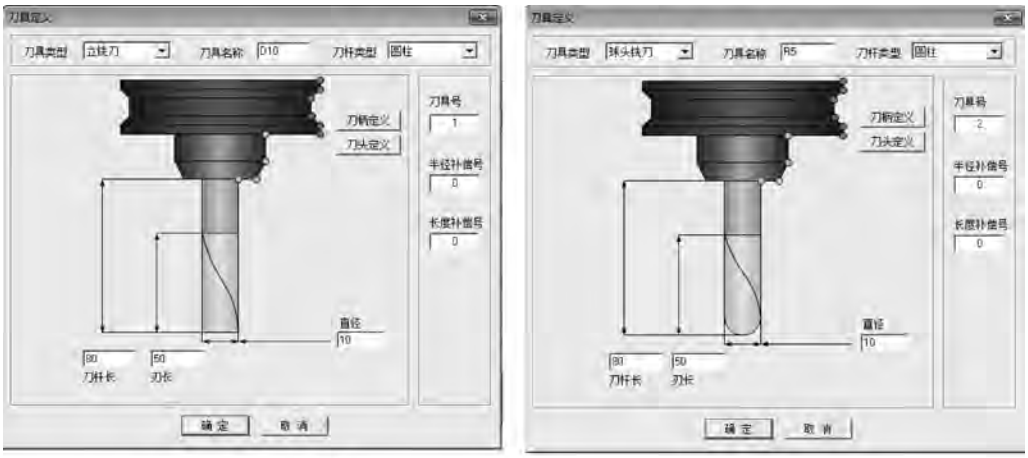
在轨迹管理栏中双击“刀具库”，弹出“刀具库”对话框，如图 5-150 所示。

类型	名称	刀号	直径	刃长	全长	刀杆类型	刀杆直径	半径补偿号	长度补偿号
立铣刀	EdML_0	0	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	0	0
立铣刀	EdML_0	1	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	1	1
圆角铣刀	BulML_0	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	2	2
圆角铣刀	BulML_0	3	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	3	3
球头铣刀	SphML_0	4	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	4	4
球头铣刀	SphML_0	5	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	5	5
燕尾铣刀	DvML_0	6	20.000	6.000	80.000	圆柱	20.000	6	6
燕尾铣刀	DvML_0	7	20.000	6.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	7	7
立铣刀	EdML_0	1	20.000	50.000	80.000	圆柱	20.000	0	0
钻头	Dri_0	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	0	0

图 5-150　“刀具库”对话框

单击“增加”按钮，弹出“刀具定义”对话框，如图 5-151 所示。此处增加一个粗加工需要的铣刀 D10，并设定增加的铣刀参数，在“刀具定义”对话框中输入正确的数值，刀具定义即可完成。同理增加一把球头铣刀 R5，其中的刃长和刀杆长与仿真有关，与实际加工无关，在实际加

工中要正确选择吃刀量和吃刀深度，以免损坏刀具。



(a) 设置刀具D10的参数　　(b) 设置刀具R5的参数

图 5-151　定义刀具 D10 和 R5

2）设定加工毛坯

（1）双击特征树的轨迹管理栏中的“毛坯”，弹出“毛坯定义”对话框，单击“参照模型”，在系统给出的尺寸中进行调整，如图 5-152 所示。

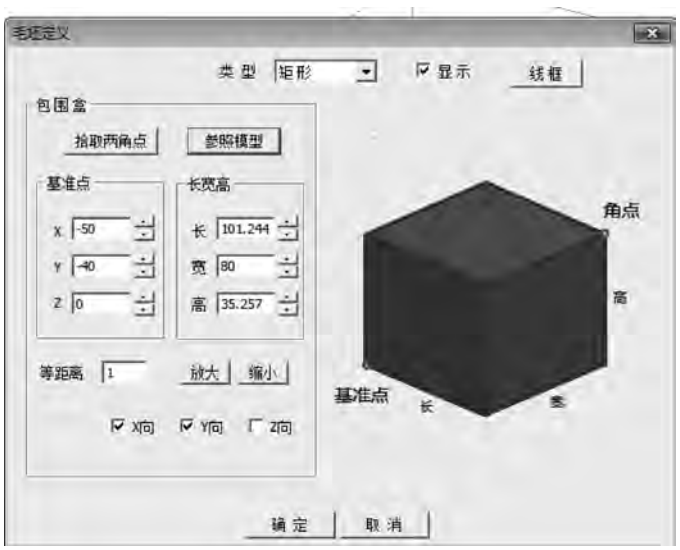


图 5-152　“毛坯定义”对话框

（2）单击“确定”按钮，生成毛坯，如图 5-153 所示。

（3）用鼠标右键选取特征树的轨迹管理栏中的“毛坯”，选择“隐藏毛坯”命令，可以将毛坯隐藏。

图 5-153　毛坯生成效果

3）鼠标的常规加工

加工思路：主要使用等高线粗加工、等高线精加工和平面轮廓精加工。

（1）等高线粗加工刀具轨迹。

① 设置粗加工参数。单击“等高线粗加工”图标，在弹出的“等高线粗加工”对话框中设置加工参数，如图 5-154 所示。

② 设置连接参数，如图 5-155 所示。

图 5-154 “加工参数”选项卡

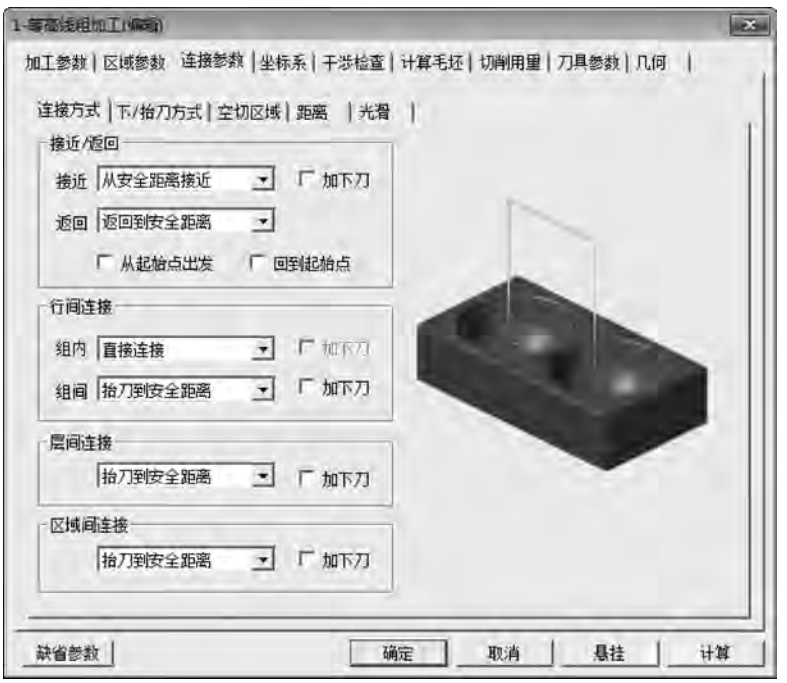


图 5-155 “连接参数”选项卡

③ 设置下/抬刀方式参数，如图 5-156 所示。

④ 设置距离参数，如图 5-157 所示。

图 5-156 “下/抬刀方式”选项卡

图 5-157 “距离”选项卡

⑤ 设置切削用量参数，如图 5-158 所示。

⑥ 设置刀具参数。单击“刀库”按钮，选择增加的刀具号为 1 的 D01 立铣刀，如图 5-159 所示。

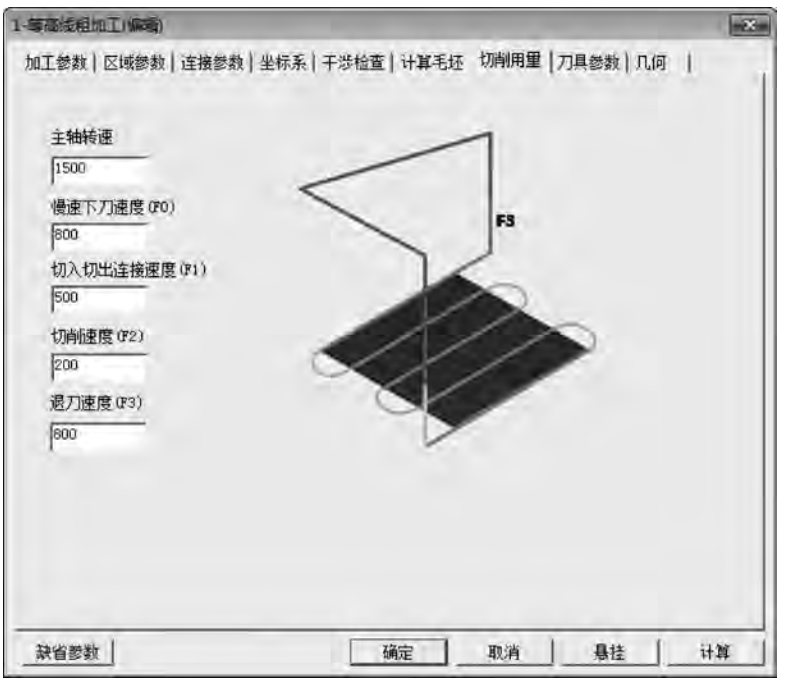


图 5-158 “切削用量”选项卡

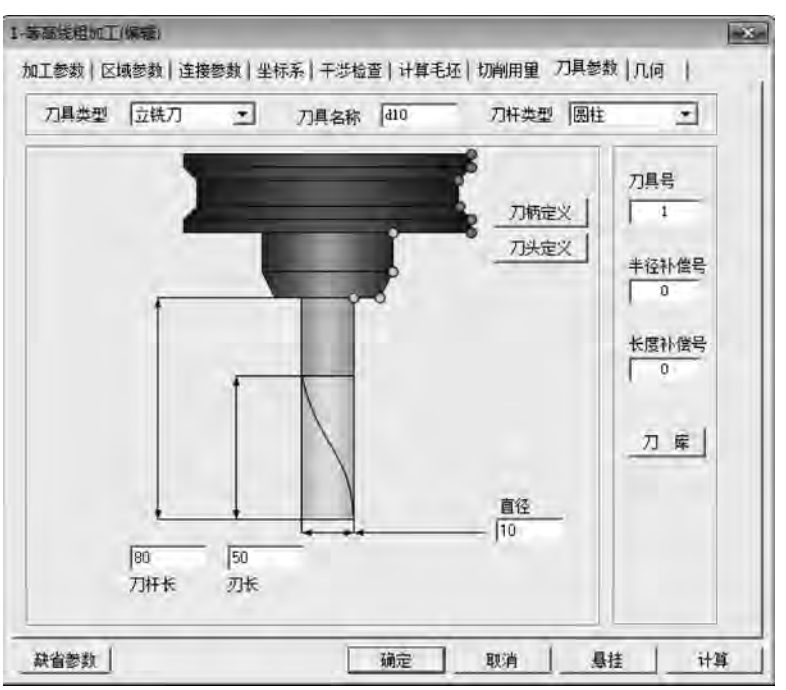


图 5-159 “刀具参数”选项卡

⑦ 设置几何参数。单击“加工曲面”按钮，根据左下角提示拾取加工对象，用鼠标左键选取鼠标实体，右击，如图 5-160 所示。

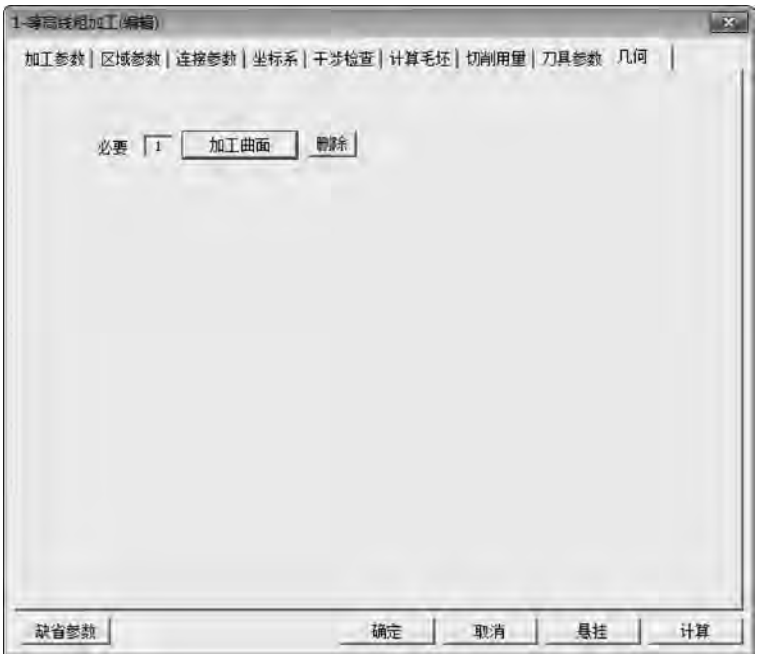


图 5-160 “几何”选项卡

⑧ 单击“确定”按钮，系统开始计算并生成等高线粗加工轨迹，如图 5-161 所示。

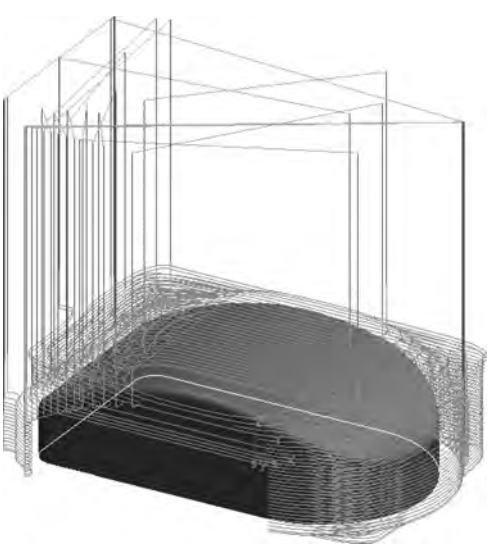


图 5-161 等高线粗加工轨迹生成

(2) 鼠标等高线精加工轨迹。

① 设置精加工参数。单击“等高线精加工”图标，在弹出的“等高线精加工”对话框中设置加工参数，如图 5-162 所示。

② 设置切削用量参数，如图 5-163 所示。

图 5-162 “加工参数”选项卡

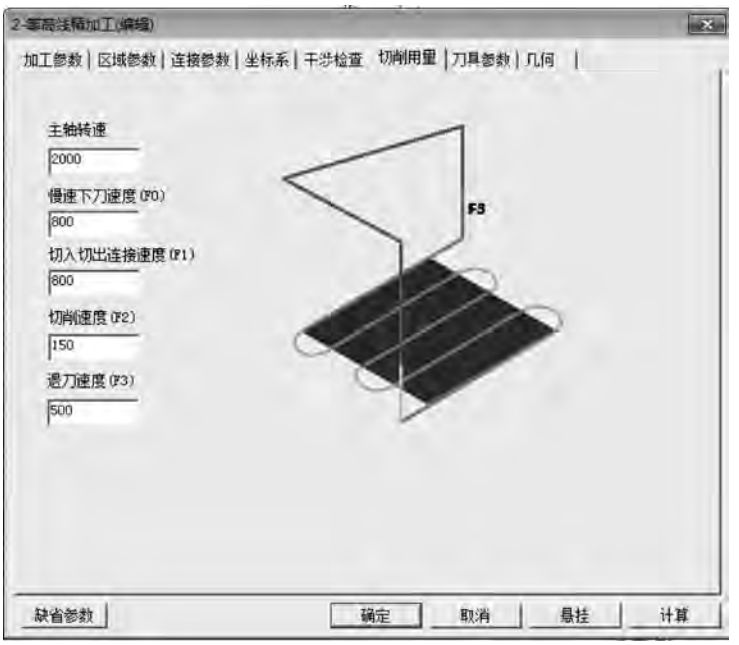


图 5-163 “切削用量”选项卡

③ 设置刀具参数。单击“刀库”按钮，选择增加的刀具号为 2 的 R5 球头铣刀，如图 5-164 所示。

④ 其他参数同粗加工。

⑤ 拾取完鼠标的曲面后单击“确定”按钮，系统开始计算并生成刀路轨迹，结果如图 5-165 所示。

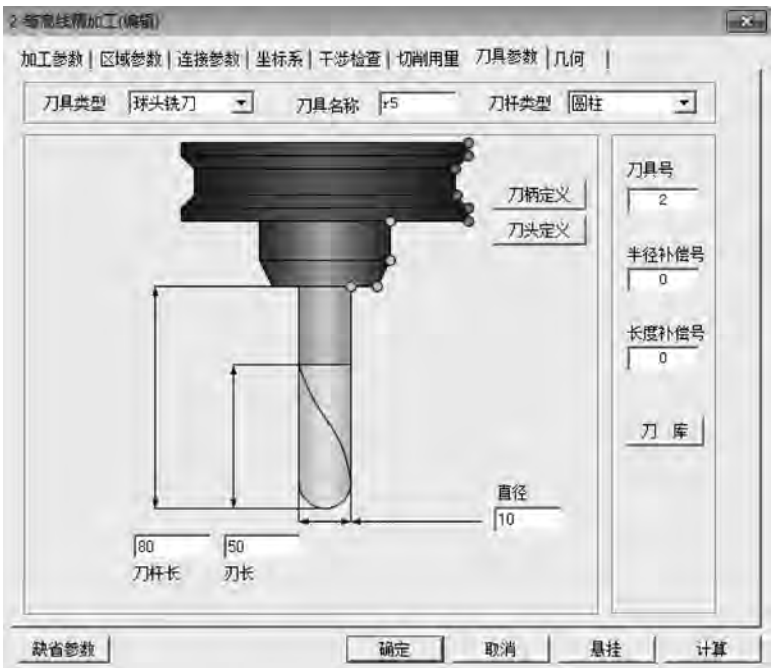


图 5-164 “刀具参数”选项卡

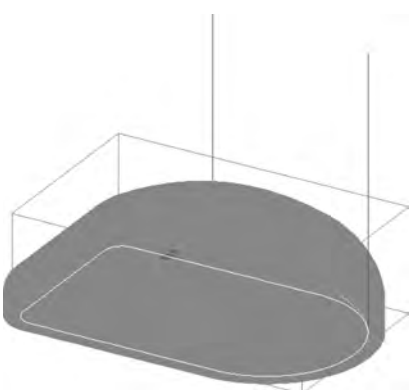


图 5-165 等高线精加工的刀路轨迹

(3) 鼠标底部平面轮廓精加工轨迹。

① 设置平面轮廓精加工参数。单击“平面轮廓精加工”图标,在弹出的“平面轮廓精加工”对话框中设置加工参数,如图 5-166 所示。

② 设置接近返回参数,如图 5-167 所示。

③ 设置下刀方式参数,如图 5-168 所示。

④ 设置切削用量参数,如图 5-169 所示。

⑤ 设置刀具参数。单击“刀库”按钮,选择增加的刀具号为 1 的 D10 立铣刀。

⑥ 设置几何参数。如图 5-170 所示,单击“轮廓曲线”按钮。单击“相关线”图标,在立即菜单中选择“实体边界”,拾取底面轮廓线,右击,如图 5-171 所示,单击“确定”按钮,系统开始计算并生成刀路轨迹,结果如图 5-172 所示。

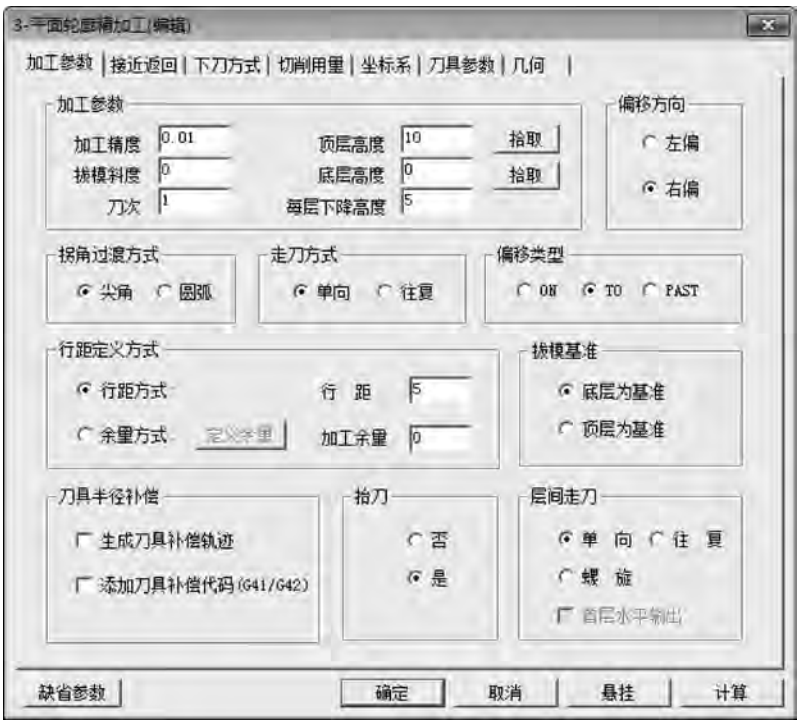


图 5-166 “加工参数”选项卡

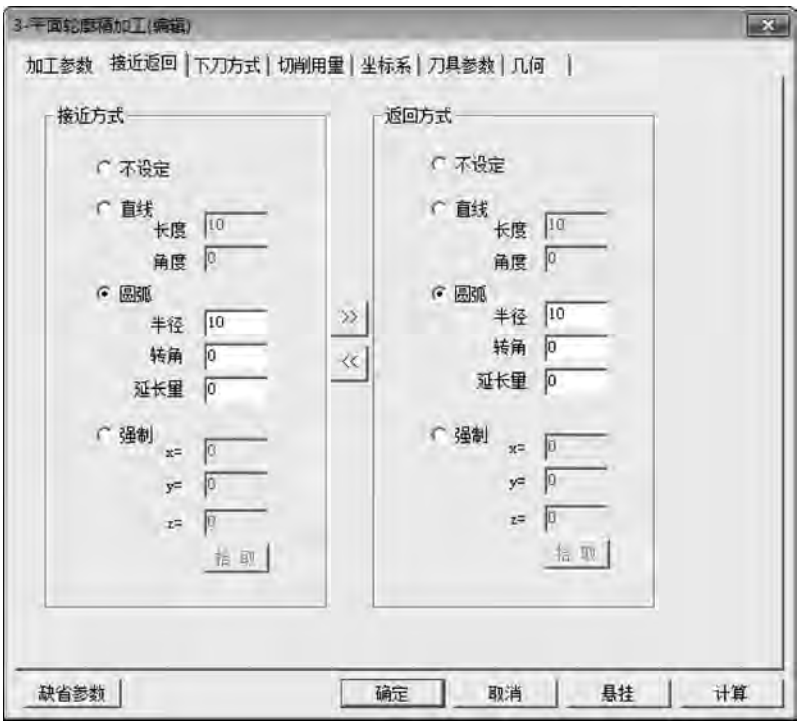


图 5-167 “接近返回”选项卡

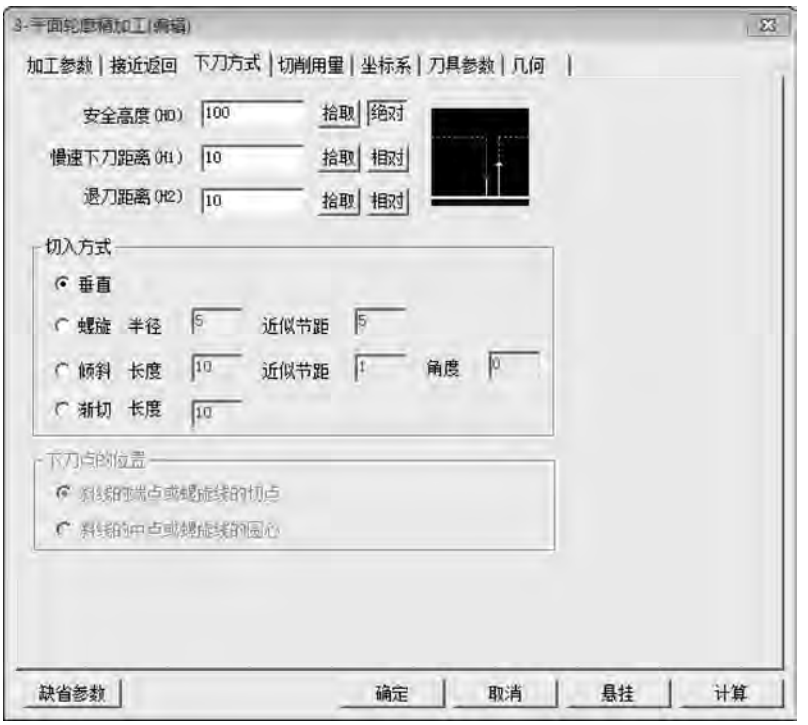


图 5-168 “下刀方式”选项卡

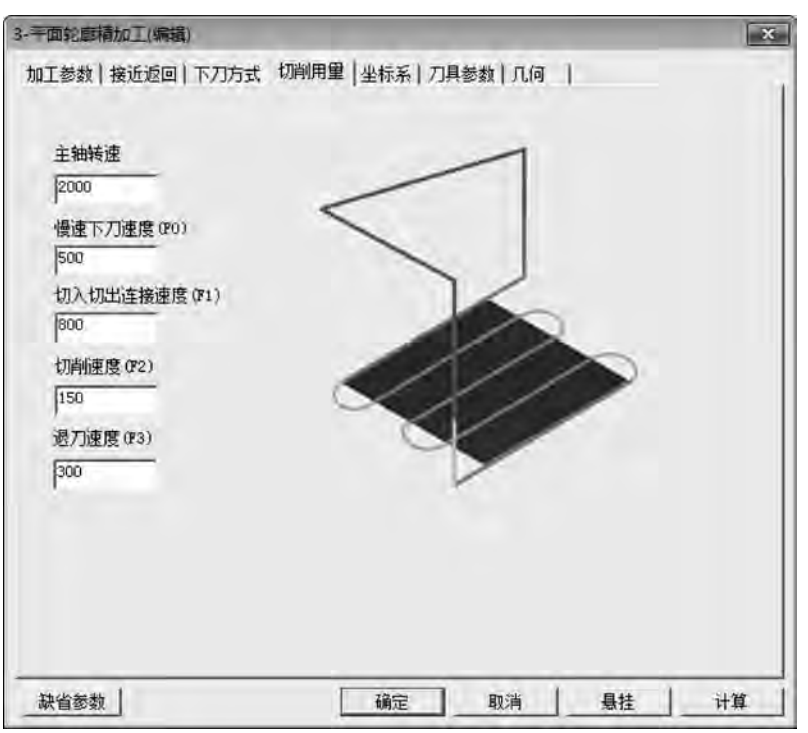


图 5-169 “切削用量”选项卡

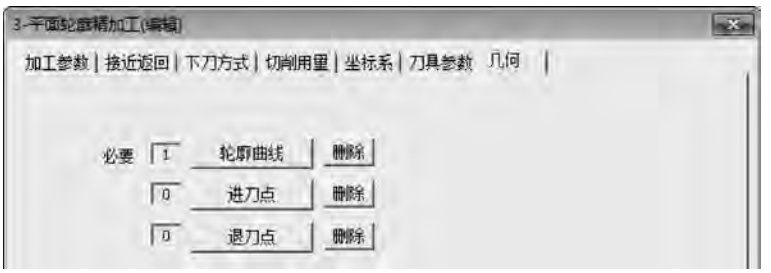


图 5-170 “几何”选项卡

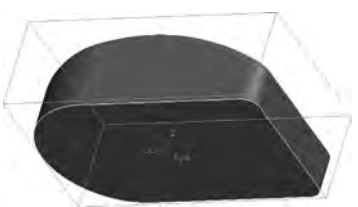


图 5-171 相关线

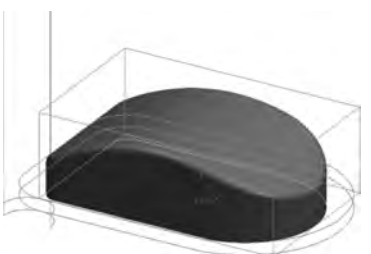


图 5-172 平面轮廓精加工的刀路轨迹

4. 轨迹生成与验证

(1) 用鼠标右键选取轨迹树中的“刀具轨迹”,选择“全部显示”,显示所有已生成的加工轨迹,如图 5-173 所示。

(2) 用鼠标右键选取轨迹树中的“刀具轨迹”,选中生成的全部加工轨迹,如图 5-174 所示。再右击“刀具轨迹”,选择“实体仿真”,系统进入加工仿真界面,如图 5-175 所示。

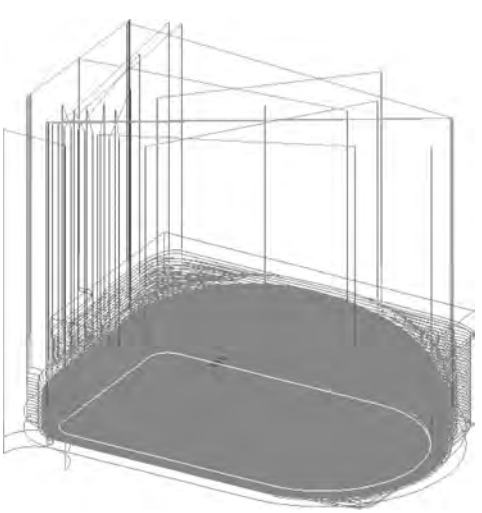


图 5-173 生成的加工轨迹

图 5-174 选中加工轨迹

(3) 单击“开始”按钮,系统进入仿真加工状态,加工结果如图 5-176 所示。仿真检验无误后退出仿真程序,回到 CAXA 制造工程师 2013 的主界面,在菜单栏中选择“文件”→“保存”命令,保存粗加工和精加工轨迹。

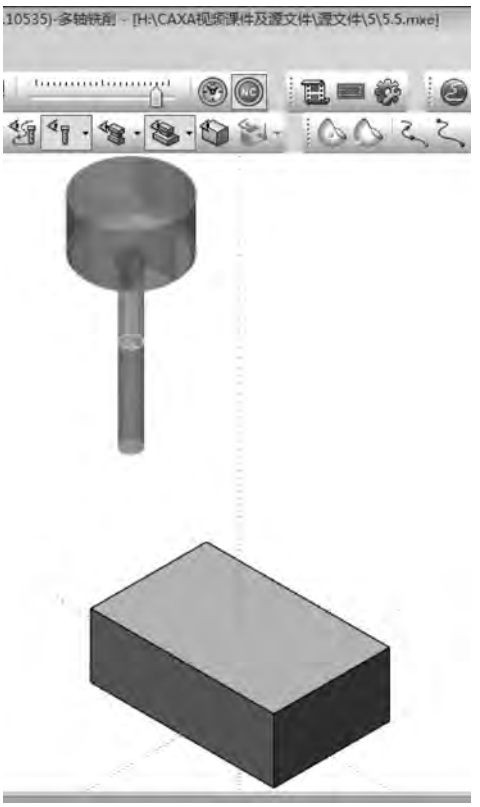


图 5-175　仿真加工界面

图 5-176　仿真加工结果

5. 生成 G 代码

1）后置设置

在菜单栏中选择“加工”→“后置处理”→ “后置设置”命令，弹出“选择后置配置文件”对话框，如图 5-177 所示。选择当前机床类型为 fanuc，单击“编辑”按钮，打开“CAXA 后置配置”对话框，如图 5-178 所示，根据当前的机床设置各参数，然后另存，一般不需要改动。

图 5-177　“选择后置配置文件”对话框图

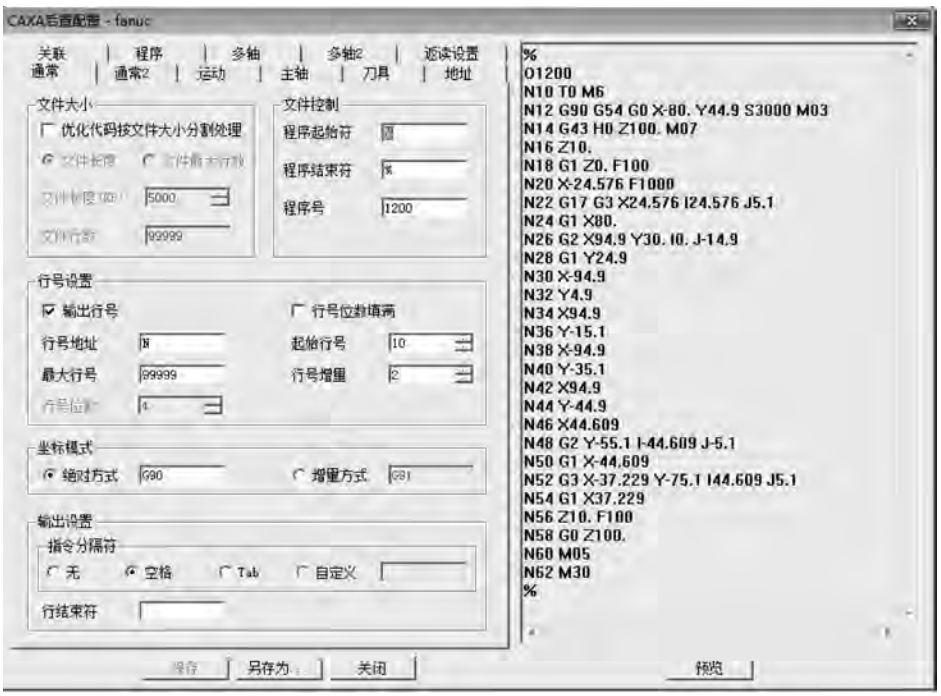


图 5-178 “CAXA 后置配置”对话框

2）生成 G 代码并保存

在菜单栏中选择“加工”→“后置处理”→“生成 G 代码”命令，弹出“生成后置代码”对话框，如图 5-179 所示。单击“代码文件”按钮，弹出“另存为”对话框，如图 5-180 所示，填写加工代码文件名“503”，单击“保存”按钮。

图 5-179 “生成后置代码”对话框

3）生成工艺清单

用鼠标右键选取轨迹树中的“刀具轨迹”，选中生成的全部加工轨迹，再右击“刀具轨迹”，选择“工艺清单”，弹出“工艺清单”对话框，如图 5-181 所示，单击“确定”按钮即可生成工艺清单。

图 5-180 “另存为”对话框

图 5-181 “工艺清单”对话框

【同步训练】

如图 5-182 和图 5-183 所示的同步训练，完成零件的造型及代码生成。

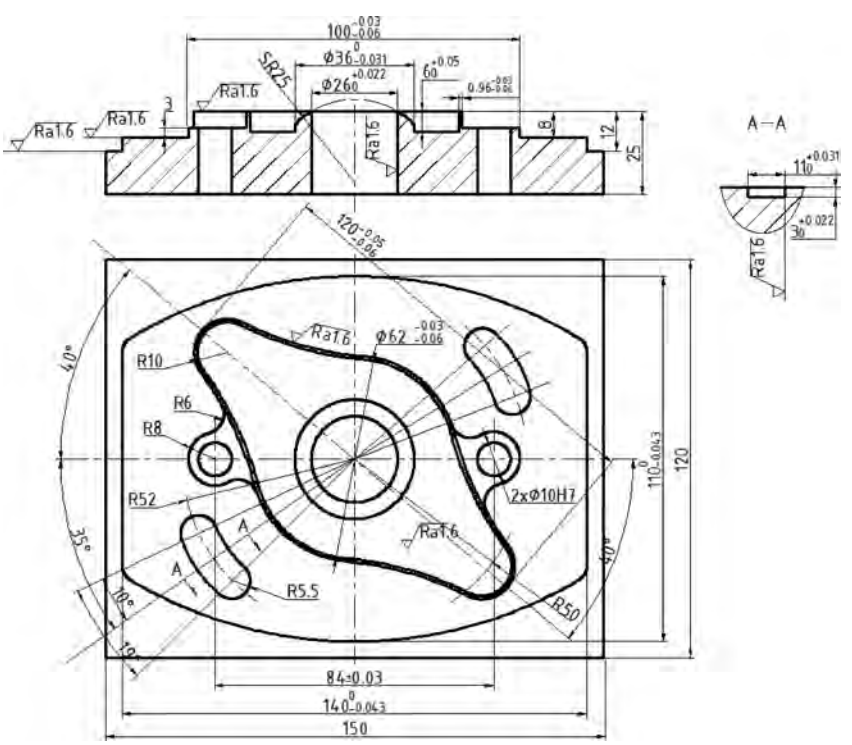


图 5-182 同步训练 1

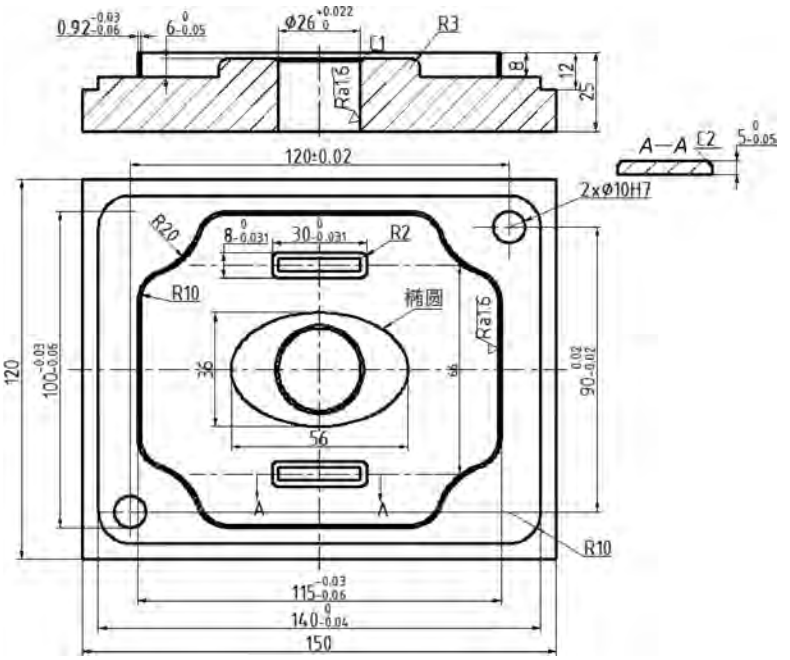


图 5-183 同步训练 2

5.4 任务 4 吊钩零件的加工

【学习目标】

(1) 熟悉 CAXA 制造工程师建模及实现加工的步骤。

(2) 熟悉常用的加工方法及参数设置。

(3) 熟悉定位基准的选择及工件的装夹。

(4) 具有零件图的识读能力。

(5) 具有程序生成及后置处理能力。

(6) 具有运用参数线精加工方法加工零件的能力。

【任务描述】

如图 5-184 所示,要加工的吊钩零件的材料为 45 毛坯,尺寸为 40mm×200mm×150mm,完成吊钩零件的实体造型和加工。

【相关知识】

参数线精加工生成沿参数线加工轨迹。

在菜单栏中选择“加工”→“常用加工”→“参数线精加工”命令,弹出如图 5-185 所示的“参数线精加工”对话框,该对话框包括加工参数、接近返回、下刀方式、切削用量、坐标系、刀具参数、几何 7 个选项卡,其中接近返回、下刀方式、切削用量、坐标系、刀具参数、几何在前面已经介绍。

“加工参数”选项卡中参数的含义如下。

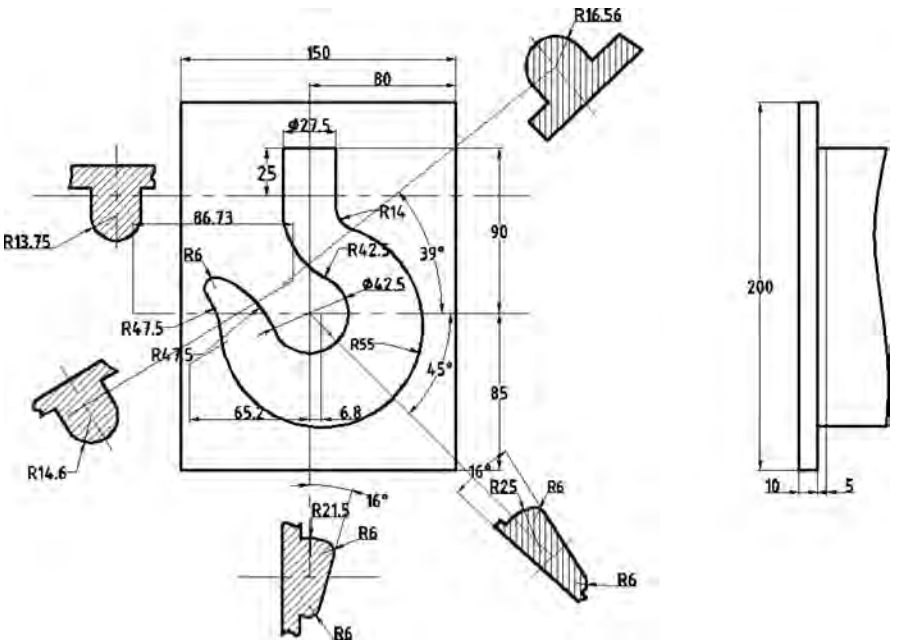


图 5-184　吊钩零件图

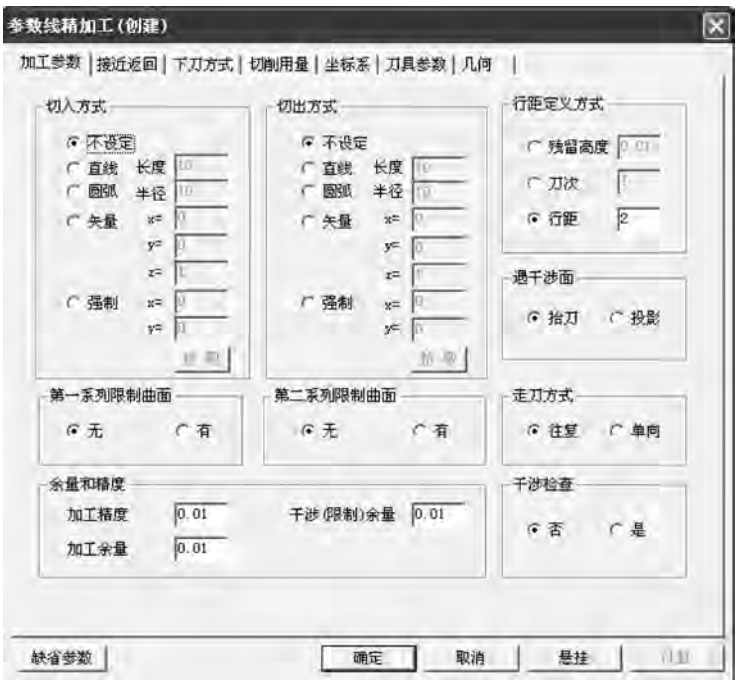


图 5-185　“参数线精加工”对话框

1. 切入方式和切出方式

(1) 不设定。不使用切入切出。

(2) 直线。沿直线垂直切入切出。“长度”指直线切入切出的长度。

(3) 圆弧。沿圆弧切入切出。“半径”指圆弧切入切出的半径。

(4) 矢量。沿矢量指定的方向和长度切入切出。X、Y、Z 是矢量的 3 个分量。

(5) 强制。强制从指定点直线水平切入到切削点,或强制从切削点直线水平切出到指定点。X 和 Y 指与切削点相同高度的指定点的水平位置分量。

具体切入切出选项轨迹如图 5-186 所示。

图 5-186 切入切出轨迹示意图

2. 行距定义方式

(1) 残留高度。切削行间残留量距加工曲面的最大距离。

(2) 刀次。切削行的数目。

(3) 行距。相邻切削行的间隔。

3. 遇干涉面

(1) 抬刀。通过抬刀快速移动,下刀完成相邻切削行间的连接。

(2) 投影。在需要连接的相邻切削行间生成切削轨迹,通过切削移动完成连接。

4. 限制曲面

限制加工曲面范围的边界面,其作用类似于加工边界,通过定义第一和第二系列限制曲面可以将加工轨迹限制在一定的加工区域内。

(1) 第一系列限制曲面。定义是否使用第一系列限制曲面。

① 无。不使用第一系列限制曲面。

② 有。使用第一系列限制曲面。

(2) 第二系列限制曲面。定义是否使用第二系列限制曲面。

① 无。不使用第二系列限制曲面。

② 有。使用第二系列限制曲曲面。

5. 走刀方式

(1) 往复。生成往复的加工轨迹。

(2) 单向。生成单向的加工轨迹。

6. 干涉检查

定义是否使用干涉检查,防止过切。

(1) 否。不使用干涉检查。

(2) 是。使用干涉检查。

7. 余量和精度

(1) 加工精度。输入模型的加工精度,计算模型的轨迹的误差小于此值。加工精度越大,模型形状的误差越大,模型表面越粗糙;加工精度越小,模型形状的误差越小,模型表面越光滑,但是轨迹段的数目增多,轨迹数据量变大。

(2) 加工余量。相对模型表面的残留高度,可以为负值,但不要超过刀角半径。

(3) 干涉(限制)余量。处理干涉面或限制曲面时采用的加工余量。

【任务实施】

1. 工艺分析

1）图样分析

图样分析主要包括零件的轮廓形状、精度、技术要求和定位基准等内容。从吊钩零件图可以看出，加工表面主要是吊钩曲面，可以采用参数线精加工。

2）定位基准的选择

在选择定位基准时，要全面考虑各个工件的加工情况，保证工件定位准确、装卸方便，能迅速完成工件的定位和夹紧，保证各项加工的精度，应尽量选择工件上的设计基准作为定位基准。根据以上原则和图样分析，在加工该零件时以下底面为基准定位，一次装夹，将所有表面和轮廓全部加工完成，从而保证图样要求的尺寸精度和位置精度。

3）工件的装夹

根据工艺分析，该零件毛坯为长方体，加工表面包括各个曲面，采用平口虎钳装夹，在用平口虎钳装夹工件时首先用百分表找正虎钳固定钳口，注意工件应安装在钳口中间部位，下表面由支承板找正，工件被加工部分要高出钳口，以避免刀具与虎钳发生干涉，夹紧工件时，注意工件上浮。

4）确定工件坐标系及对刀位置

根据工艺分析，工件坐标系编程原点设在吊钩上表面 ϕ42.5 圆弧的中心，对刀位置与工件坐标系原点重合，对刀方法可根据机床选择手动对刀。

5）确定加工所用的各种工艺参数

切削条件的好坏直接影响加工的效率和经济性，这主要取决于编程人员的经验、工件的材料及性质、刀具的材料及形状、机床、加工精度、表面质量要求、冷却系统等，具体参数如表 5-8 和表 5-9 所示。

表 5-8　刀具参数表

序号	刀具名称	规　格	用　途	刀具材料
1	立铣刀	ϕ10	粗曲面加工	硬质合金
2	球头铣刀	R3	粗曲面加工	硬质合金

表 5-9　吊钩加工参数表

工步	加工内容	刀具编号	刀具名称	规格	主轴速度 /(r·min^{-1})	进给速度 /(mm·min^{-1})	切削深度 /mm	加工余量 /mm
1	粗铣	T01	立铣刀	ϕ10	2000	250	1	0.5
2	粗铣	T02	球头铣刀	R3	2500	100	1	0

2. 零件造型

1）制作吊钩平面轮廓曲线

（1）建立新文件，按 F5 键将绘图平面切换到 XY 平面。

（2）单击曲线生成栏中的“直线”图标，在立即菜单中选择“水平/铅垂线”“水平＋铅垂”方式，输入长度 200，单击拾取坐标原点，绘制中心线。

（3）圆的绘制。单击曲线生成栏上的“整圆”图标，在立即菜单中选择“圆心点_半径”，

然后按照提示单击选取坐标系原点，按回车键，在弹出的对话框内输入半径 21.25 并确认，右击结束该圆的绘制。

(4) 单击曲线生成栏中的“等距线”图标，在立即菜单中输入距离 13.75，拾取竖直中心线，分别选择向左、向右箭头为等距方向，生成距离为 27.5 的等距线。

(5) 在立即菜单中输入距离 90，拾取水平中心线，选择向上箭头为等距方向，生成距离为 90 的等距线，如图 5-187 所示。

(6) 绘制 R55 圆弧。单击“直线”图标，在立即菜单中选择“角度线”，与 X 轴夹角为 45°。单击曲线生成栏中的“等距线”图标，在立即菜单中输入距离 6.8，拾取竖直中心线，选择向右箭头为等距方向，生成距离为 6.8 的等距线。单击曲线生成栏上的“整圆”图标在立即菜单中选择“圆心点_半径”，然后按照提示单击选取－45°的直线与 6.8 的等距线的交点作为圆心，输入半径 55 并确认，右击结束该圆的绘制，如图 5-188 所示。

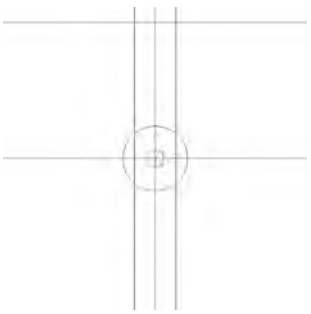


图 5-187 等距线

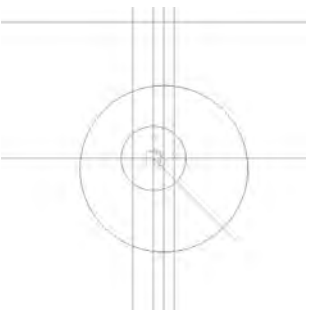


图 5-188 绘制 R55 圆

(7) 单击“曲线过渡”图标，选择“圆弧过渡”方式，半径为 14，对右侧 13.75 的等距线和 R55 圆弧进行过渡；同样选择“圆弧过渡”方式，半径为 42.5，对左侧 13.75 的等距线和 R21.25 圆弧进行过渡；选择“尖角”方式，分别选择 90 的等距线和 13.75 的等距线，如图 5-189 所示。

(8) 单击“曲线拉伸”图标，对 R21.25 圆弧和 R55 圆弧进行拉伸，如图 5-190 所示。

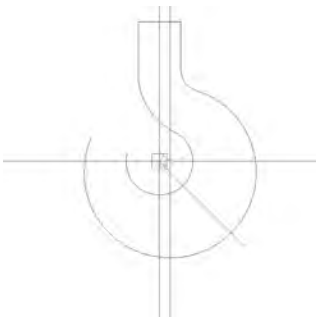


图 5-189 曲线过渡

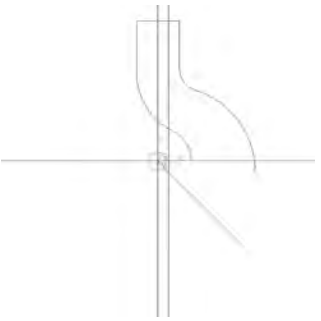


图 5-190 曲线拉伸

(9) 单击“删除”图标，拾取 6.8 的等距线，然后右击确认。

(10) 单击曲线生成栏中的“等距线”图标，在立即菜单中输入距离为 65.2，拾取竖直中心线，选择向左箭头为等距方向，生成距离为 65.2 的等距线。

(11) 单击曲线生成栏上的“整圆”图标，在立即菜单中选择“圆心点_半径”，然后按照提示单击选取坐标系原点，半径为 68.75。仍然选择“圆心点_半径”，按照提示单击选取 65.2 的等距线与 R68.75 圆下面的交点作为圆心，半径为 47.5 并确认，右击结束该圆的绘制，如图 5-191 所示。

(12) 单击曲线生成栏中的“等距线”图标，在立即菜单中输入距离为 95.7，拾取竖直中心线，选择向左箭头为等距方向，生成距离为 95.7 的等距线。

(13) 单击曲线生成栏上的“整圆”图标，在立即菜单中选择“圆心点_半径”，按照提示单击选取 R55 圆的圆心作为圆心，输入半径 102.5，右击确认。仍然选择“圆心点_半径”，按照提示单击选取 95.7 的等距线与 R102.5 圆的交点作为圆心，输入半径为 47.5，右击结束该圆的绘制，如图 5-192 所示。

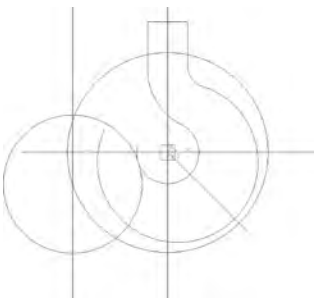


图 5-191 绘制圆

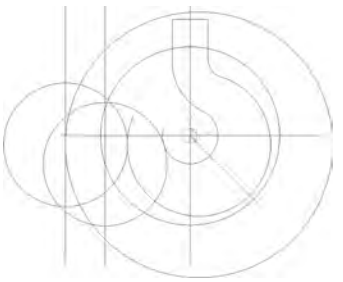


图 5-192 绘制圆

(14) 单击“曲线过渡”图标，选择“圆弧过渡”方式，半径为 6，对两个 R47.5 的圆弧进行过渡，如图 5-193 所示。

(15) 单击“删除”图标，拾取要删除的元素，右击确认。单击“曲线过渡”图标，选择“尖角”方式，修剪多余的曲线，如图 5-194 所示。

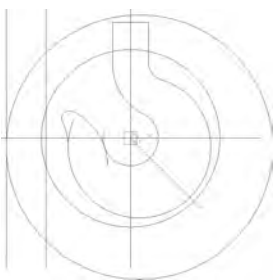


图 5-193 曲线过渡

图 5-194 曲线裁剪

2) 绘制吊钩截面线

(1) 绘制截面线 1。单击曲线生成栏中的“等距线”图标，在立即菜单中输入距离 25，拾取上部直线，选择向下箭头为等距方向，生成距离为 25 的等距线。

(2) 单击曲线生成栏上的“整圆”图标，在立即菜单中选择绘圆方式“圆心点_半径”，按照提示单击选取 25 的等距线的中点为圆心，中点到端点的距离为半径，右击结束该圆的绘制。单击“曲线裁剪”图标，拾取下部分圆弧，右击确认，如图 5-195 所示。

(3) 绘制截面线 2。单击“直线”图标，在立即菜单中选择“角度线”，与 X 轴夹角为 45°，如图 5-196 所示。

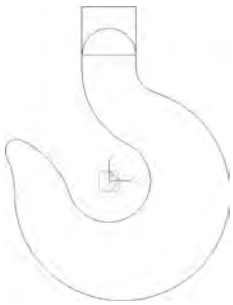


图 5-195 绘制图

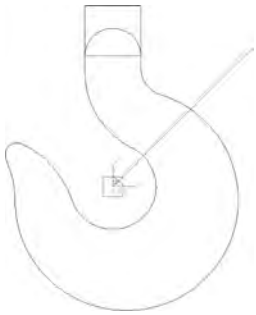


图 5-196 角度线

(4) 单击“曲线裁剪”图标，裁剪掉不需要的部分；单击曲线生成栏上的“整圆”图标，在立即菜单中选择绘圆方式“圆心点_半径”，按照提示单击选取截面线 2 的中点为圆心，中点到端点的距离为半径，右击结束该圆的绘制，单击“曲线裁剪”图标，拾取下部分圆弧，右击确认，如图 5-197 所示。

(5) 绘制截面线 3。单击“曲线裁剪”图标，修剪－45°直线的两端部分；单击曲线生成栏上的“整圆”图标，在立即菜单中选择绘圆方式“两点_半径”，按照提示单击分别选取 R47.5 圆弧的切点和－45°线的左侧端点，半径为 25，右击结束该圆的绘制；同样在立即菜单中选择绘圆方式“两点_半径”，按照提示单击分别选取 R55 圆弧的切点和－45°线的右侧端点，半径为 6，右击结束该圆的绘制，如图 5-198 所示。

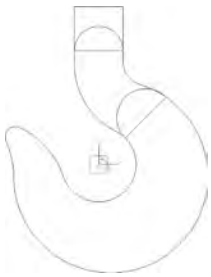


图 5-197 绘制圆

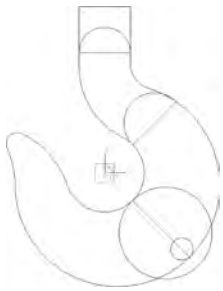


图 5-198 绘制截面线

(6) 单击“直线”图标，在界面左侧的立即菜单中选择“角度线”，与直线夹角为－16°，选取－45°线作为参照直线，R6 圆弧的切点为直线的起始点，任意选取缺省点为终点，如图 5-199 所示。

(7) 单击“曲线过渡”图标，选择“圆弧过渡”方式，半径为 6，对直线 R25 圆弧进行过渡；同样选择“尖角”方式，分别选择－16°直线和 R6 的圆弧，如图 5-200 所示。

(8) 绘制截面线 4。单击“曲线裁剪”图标，修剪铅垂线的两端部分；单击曲线生成栏上的“整圆”图标，在立即菜单中选择“两点_半径”，按照提示单击分别选取 R47.5 圆弧的切点和铅垂线的上侧端点，半径为 21.5，右击结束该圆的绘制；同样在立即菜单中选择“两点_半径”，按照提示单击分别选取 R55 圆弧的切点和铅垂线的下侧端点，半径为 6，右击结束该圆的绘制，如图 5- 201 所示。

(9) 单击“直线”图标，在界面左侧的立即菜单中选择“角度线”，与直线的夹角为－16°，选取铅垂线作为参照直线，R6 圆弧的切点为直线的起始点，任意选取缺省点为终点，如图 5-202 所示。

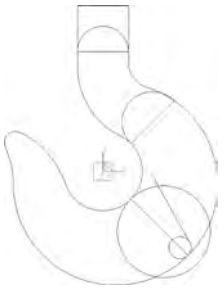


图 5-199　绘制直线

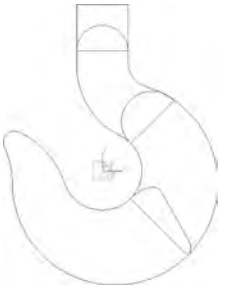


图 5-200　曲线过渡

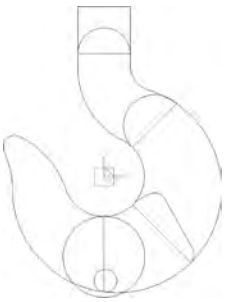


图 5-201　绘制截面

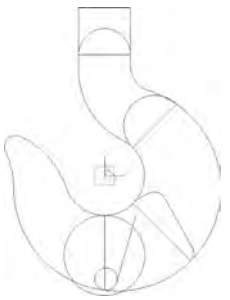


图 5-202　绘制直线

(10) 单击“曲线过渡”图标，选择“圆弧过渡”方式，半径为 6，对直线和 R25 圆弧进行过渡；同样选择“尖角”方式，分别选择－16°的直线和 R6 的圆弧，如图 5-203 所示。

(11) 绘制截面线 5。单击“直线”图标，在界面左侧的立即菜单中选择“两点线”，分别选择钩头 R6 圆弧的两个端点。

(12) 单击曲线生成栏上的“整圆”图标，在立即菜单中选择绘圆方式“圆心点_半径”，按照提示单击选取截面线 5 的中点为圆心，中点到端点的距离为半径，右击结束该圆的绘制；单击“曲线裁剪”图标，拾取下部分圆弧，右击确认，如图 5-204 所示。

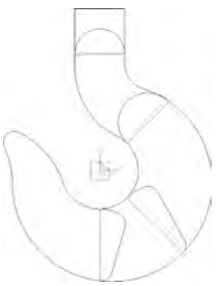


图 5-203　曲线过渡

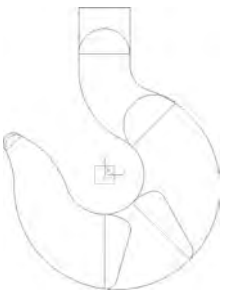


图 5-204　曲线裁剪

3) 对截面线进行空间变换

(1) 按 F8 键进入轴侧图状态，需要对图中 6 处截面线进行绕轴旋转，使它们都能垂直于

XY 平面。需要注意的是，中段截面线在旋转前需要先用组合曲线命令将截面 3 和截面 4 的曲线组合成一条样条线。单击“曲线组合”图标，拾取截面线，并选择方向，将其组合成样条曲线，如图 5-205 所示。

(2) 单击“曲线旋转”图标，采用移动方式旋转 90°，系统会提示拾取旋转轴的两个端点。注意旋转轴的指向(始点向终点)和旋转方向符合右手法则，各段曲线旋转后的结果如图 5-206 所示。

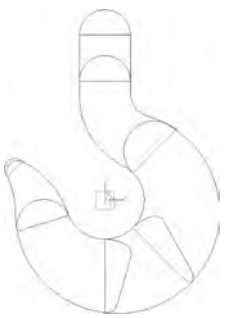


图 5-205 曲线组合(1)

图 5-206 曲线组合(2)

(3) 对底面轮廓线曲线进行组合。将 1、2 两点之间的曲线组合成一条样条线，将 3、4 两点之间的曲线组合成一样条线。

4) 生成曲面

(1) 单击曲面生成栏中的“网格面”图标，依次拾取 U 截面线共两条，右击确认；再依次拾取 V 截面线共 7 条，右击确认，稍等片刻后曲面生成，如图 5-207 所示。

(2) 单击曲面生成栏中的“平面”图标，在特征树下方的立即菜单中选择“裁剪平面”。单击拾取钩上部直线和圆弧作为平面的外轮廓线，确定链搜索方向(单击选取箭头)，右击确认，如图 5-208 所示。

图 5-207 网格面

图 5-208 裁剪平面图

(3) 单击曲面生成栏中的“扫描面”图标，选择在 Z 轴负方向，扫描距离为 5，扫描曲线为底部轮廓线，如图 5-209 所示。

(4) 生成吊钩头部的球面。单击曲线生成栏中的“直线”图标，在界面左侧的立即菜单中选择“两点线”，选择吊钩头部 R6 圆弧的端点做直线，接着重复单击“直线”图标，过该直线和 R6 圆弧的中点做直线。单击“曲线裁剪”图标，拾取 R6 圆弧的右侧圆弧，右击确认。应用旋转面命令，以刚做的直线为旋转轴，R6 圆弧为母线旋转 180°，生成的曲面如图 5-210 所示。

图 5-209　扫描面

图 5-210　吊钩头部球面

(5) 单击“相关线”图标，在立即菜单中选择“曲面边界”“单根”，拾取刚生成的扫描面的下边缘，即生成封闭的轮廓曲线。

(6) 单击曲面生成栏中的“平面”图标，并在特征树下方的立即菜单中选择“裁剪平面”。单击拾取钩上部的直线和圆弧作为平面的外轮廓线，确定链搜索方向(单击选取箭头)，右击确认，将曲线隐藏，如图 5-211 所示。

(7) 换 F5 键，在特征树中单击“XY 平面”，利用“直线”工具和“等距线”工具绘制如图 5-212 所示的图形。

图 5-211　裁剪平面

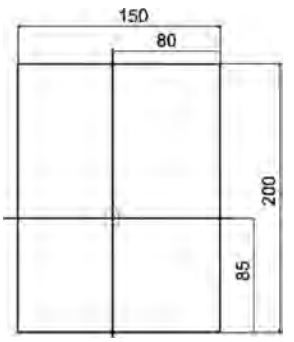


图 5-212　直线

(8) 单击“平移”图标，选择吊钩底部轮廓线和矩形边框线，在界面左侧的立即菜单中选择“偏移量”和“拷贝”选项，设置 $DX=0$、$DY=0$、$DZ=-5$，右击确认，如图 5-213 所示。

(9) 单击曲面生成栏中的“平面”图标，拾取平移后的矩形边框线和轮廓线，确定链搜索方向，右击确认，如图 5-214 所示。

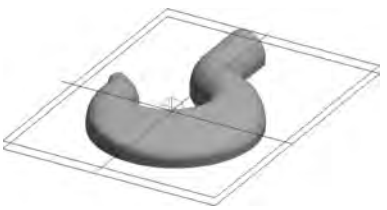


图 5-213　曲线平移

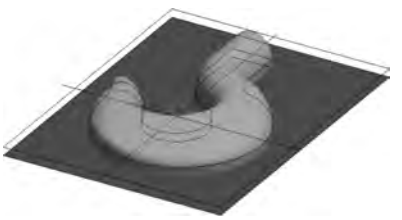


图 5-214　平面

(10) 单击“平移”图标，选择首次绘制的矩形边框线，在界面左侧的立即菜单中选择“偏移量”和“拷贝”选项，设置 $DX=0$、$DY=0$、$DZ=-15$，右击确认，如图 5-215 所示。

(11) 通过直纹面生成曲面。单击曲面生成栏中的“直纹面”图标，在特征树下方的立

即菜单中选择“曲线＋曲线”方式生成直纹面，单击拾取相距 10 的两个矩形轮廓线完成曲面，如图 5-216 所示。

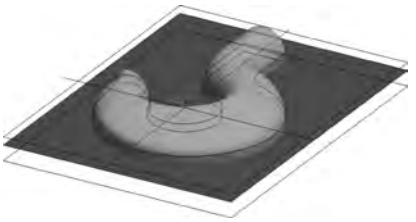


图 5-215　曲线平移

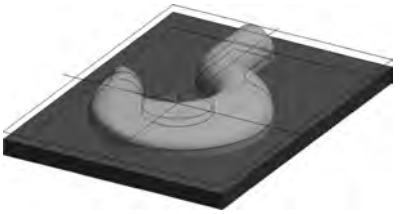


图 5-216　直纹面

注意：在拾取相邻直线时，单击拾取位置应该尽量保持一致(相对应的位置)，这样才能保证得到正确的直纹面。

(12) 在菜单栏中选择“设置”→“拾取过滤设置”命令，在弹出的对话框中取消“图形元素的类型”中的“空间曲面”项，如图 5-217 所示。选择菜单栏中的“编辑”→“隐藏”命令，框选所有曲线，右击确认，将线框全部隐藏，结果如图 5-218 所示。

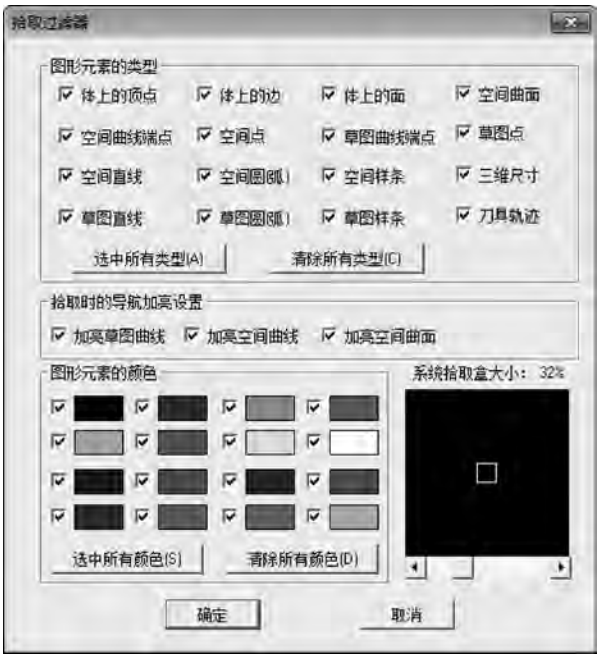


图 5-217　拾取过滤设置

3. 加厚成实体

单击“曲面加厚增料”图标，选择“闭合曲面填充”，设置精度为 0.1，拾取所有曲面，单击“确定”按钮。选择菜单栏中的“编辑”→“隐藏”命令，框选所有曲面，右击确认，将曲面全部隐藏，结果如图 5-219 所示。

4. 加工设置

1) 设定加工刀具

在轨迹管理栏中双击“刀具库”，弹出“刀具库”对话框，如图 5-220 所示。

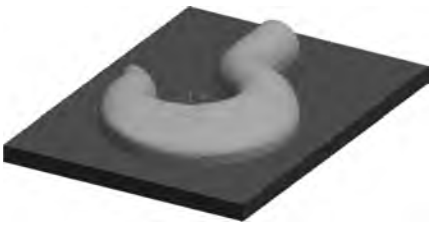


图 5-218　隐藏线框

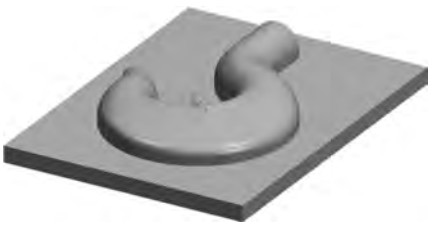


图 5-219　曲面加厚增料

刀具库

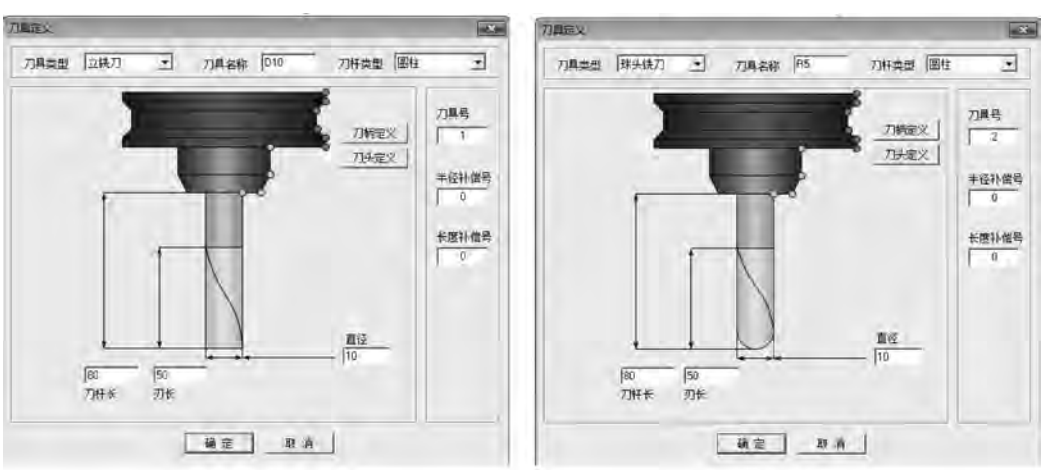
共 14 把　增加　清空　导入　导出

类型	名称	刀号	直径	刃长	全长	刀杆类型	刀杆直径	半径补偿号	长度补偿号
立铣刀	EdML_0	0	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	0	0
立铣刀	EdML_0	1	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	1	1
圆角铣刀	BulML_0	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	2	2
圆角铣刀	BulML_0	3	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	3	3
球头铣刀	SphML_0	4	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	4	4
球头铣刀	SphML_0	5	10.000	50.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	5	5
燕尾铣刀	DvML_0	6	20.000	6.000	80.000	圆柱	20.000	6	6
燕尾铣刀	DvML_0	7	20.000	6.000	100.000	圆柱+圆锥	15.000	7	7
立铣刀	EdML_0	1	20.000	50.000	80.000	圆柱	20.000	0	0
钻头	Dri_0	2	10.000	50.000	80.000	圆柱	10.000	0	0

确定　取消

图 5-220　“刀具库”对话框

单击“增加”按钮，弹出“刀具定义”对话框，如图 5-221 所示。增加一个粗加工需要的铣刀 D10，设定增加铣刀的参数，在“刀具定义”对话框中输入正确的数值，刀具定义即可完成。同理，增加一把球头铣刀 R3，其中的刃长和刀杆长与仿真有关，与实际加工无关，在实际加工中要正确地选择吃刀量和吃刀深度，以免损坏刀具。



(a) 设置刀具D10的参数　　(b) 设置刀具R5的参数

图 5-221　定义刀具 D10 和 R3

2）设定加工毛坯

（1）双击特征树的轨迹管理栏中的“毛坯”，弹出“毛坯定义”对话框，单击“参照模型”，在系统给出的尺寸中进行调整，如图 5-222 所示。

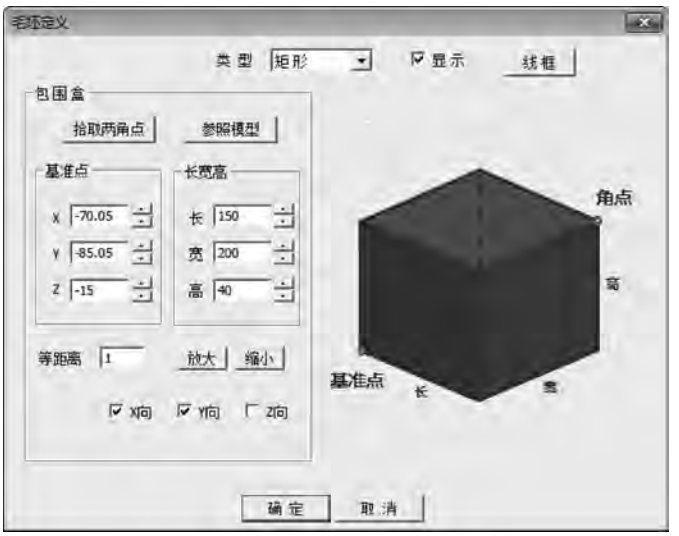


图 5-222 “毛坯定义”对话框

(2) 单击“确定”按钮,生成毛坯,效果如图 5-223 所示。

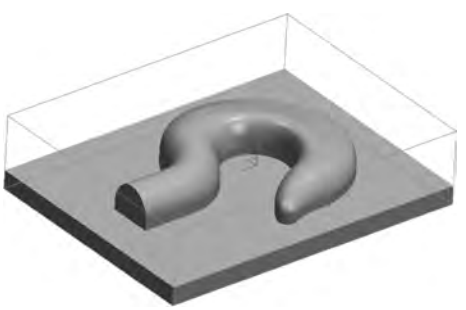


图 5-223 毛坯生成效果

(3) 用鼠标右键选取特征树的轨迹管理栏中的“毛坯”,选择“隐藏毛坯”命令,可以将毛坯隐藏。

3) 设定加工坐标系

用鼠标右键选取设计树中“sys 坐标系”,选择“创建”,输入“0,0,25”,输入坐标系名称 1,即创建完成,系统自动设定为当前坐标系。

4) 吊钩的常规加工

(1) 吊钩的等高线粗加工。

(1) 设置粗加工参数。单击“等高线粗加工”图标,在弹出的“等高线粗加工”对话框中设置加工参数,如图 5-224 所示。

(2) 设置连接参数,如图 5-225 所示。

(3) 设置下/抬刀方式参数,如图 5-226 所示。

(4) 设置距离参数,如图 5-227 所示。

(5) 设置切削用量参数,如图 5-228 所示。

(6) 设置刀具参数。单击“刀库”按钮,选择增加的刀具号为 1 的 D10 立铣刀,如图 5-229 所示。

图 5-224 “加工参数”选项卡

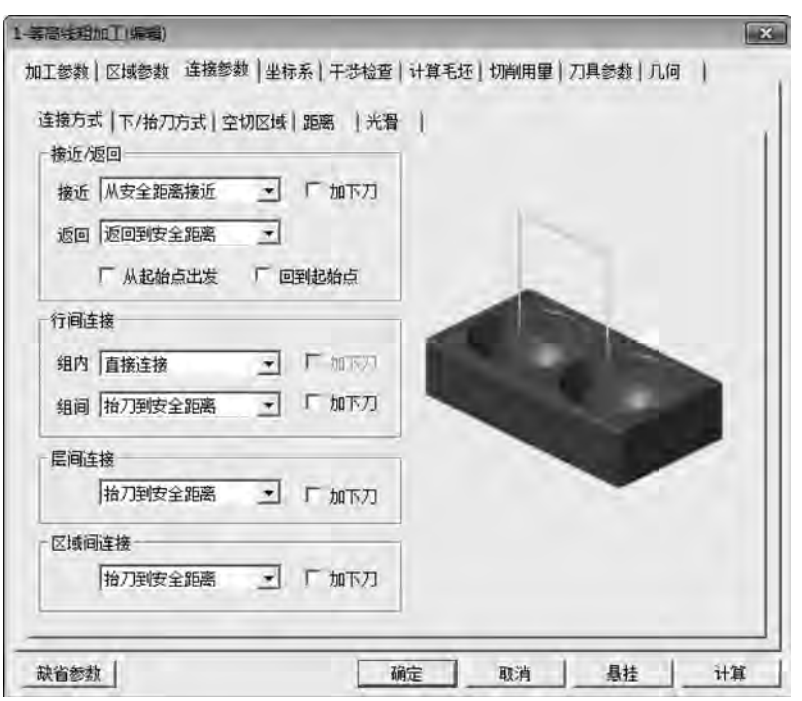


图 5-225 “连接参数”选项卡

图 5-226 “下/抬刀方式”选项卡

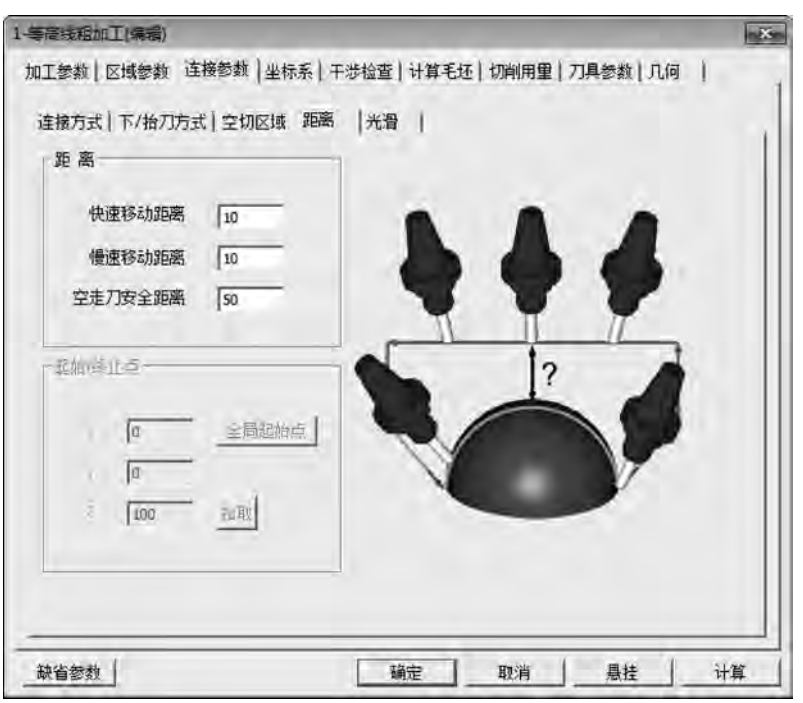


图 5-227 “距离参数”选项卡

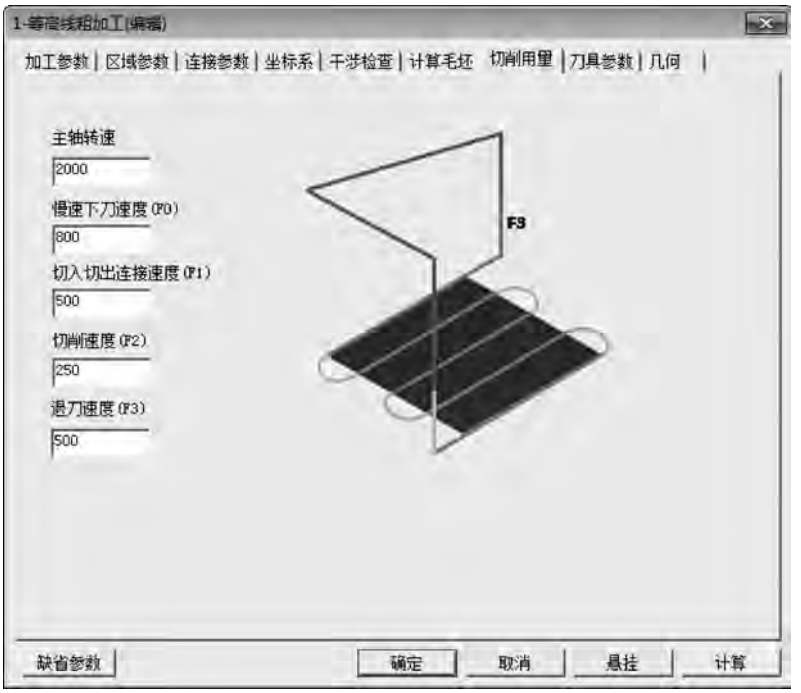


图 5-228 “切削用量”选项卡

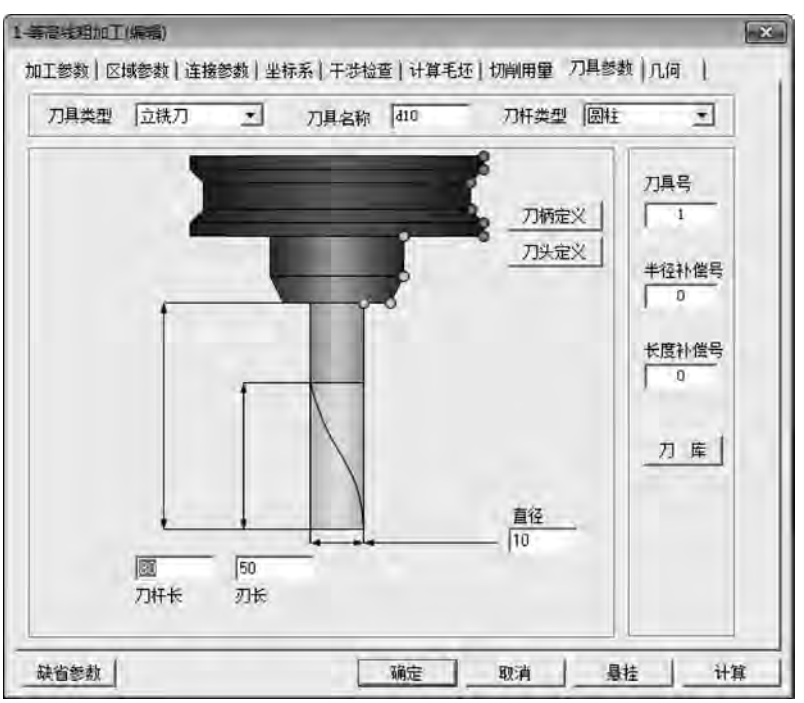


图 5-229 “刀具参数”选项卡

(7) 设置几何参数。单击“加工曲面”按钮，根据左下角提示拾取加工对象，用鼠标左键选取吊钩的上表面和侧面(共 6 个曲面)，右击，如图 5-230 所示。

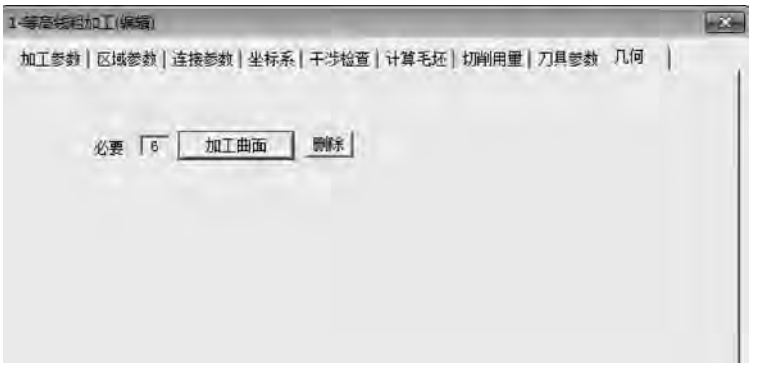


图 5-230 “几何”选项卡

(8) 单击“确定”按钮，系统开始计算并生成等高线加工轨迹，如图 5-231 所示。

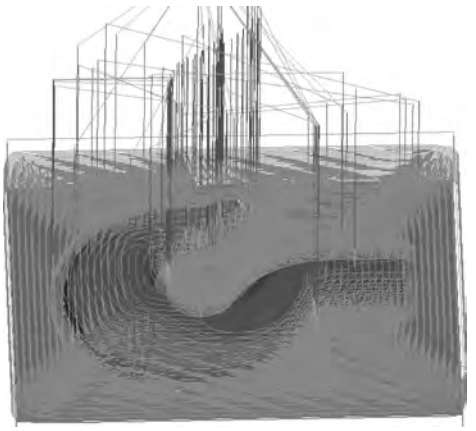


图 5-231 等高线粗加工轨迹生成

5) 吊钩的参数线精加工

(1) 设置精加工参数。单击“参数线精加工”图标，在弹出的“参数线精加工”对话框中设置加工参数，如图 5-232 所示。接近返回和下刀方式参数默认即可。

(2) 设置切削用量参数，如图 5-233 所示。

(3) 设置坐标系参数，使用新创建的名称为“1”的坐标系，如图 5-234 所示。

(4) 设置刀具参数。单击“刀库”按钮，选择增加的刀具号为 2 的 R3 球头铣刀。

(5) 设置几何参数。单击“加工曲面”按钮，根据左下角提示拾取加工对象，用鼠标左键选取吊钩的上表面，右击，如图 5-235 所示。

(6) 单击“确定”按钮，系统开始计算并生成参数线精加工轨迹，如图 5-236 所示。

5. 轨迹生成与验证

(1) 右击选取轨迹树中的“刀具轨迹”，选择“全部显示”命令，显示所有已生成的加工轨迹，如图 5-237 所示。

(2) 右击选取轨迹树中的“刀具轨迹”，选中生成的全部加工轨迹，如图 5-238 所示。再右击“刀具轨迹”，选择“实体仿真”，系统进入仿真加工界面，如图 5-239 所示。

图 5-232 “加工参数”选项卡

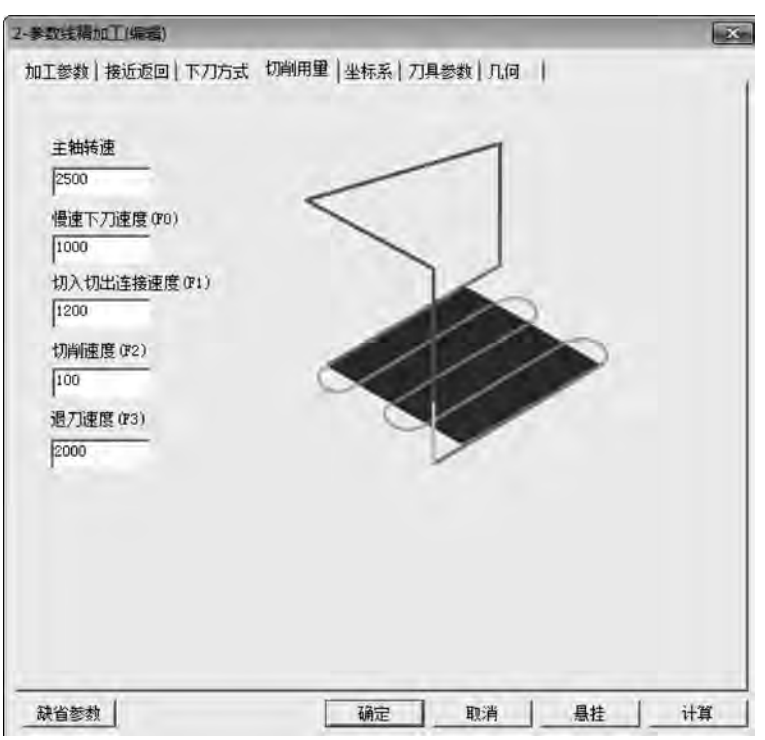


图 5-233 “切削用量”选项卡

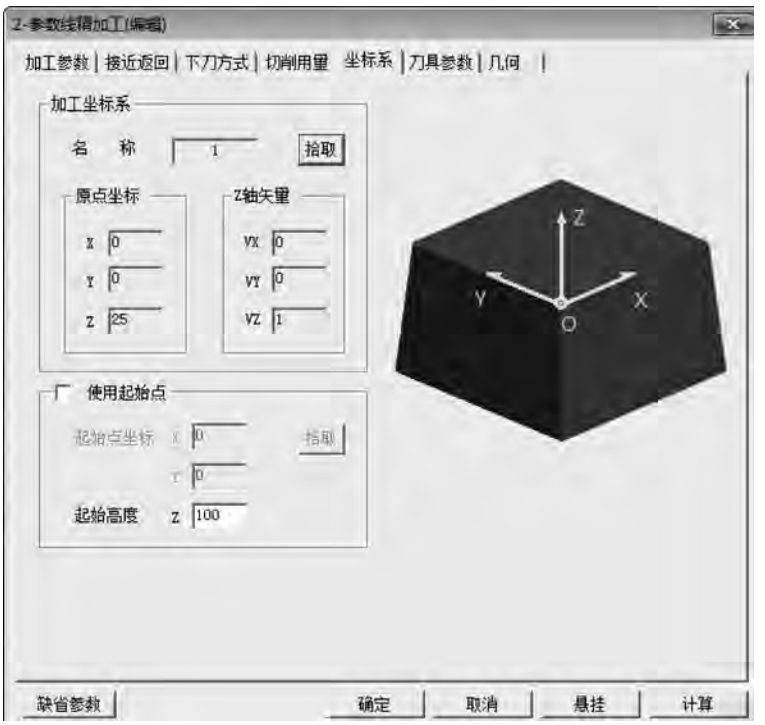


图 5-234 “坐标系”选项卡

图 5-235 “几何”选项卡

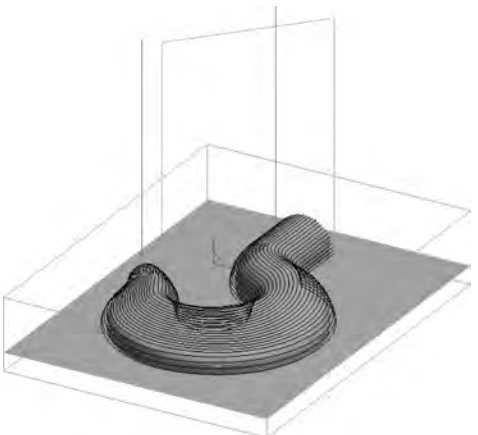


图 5-236　等数线加工轨迹

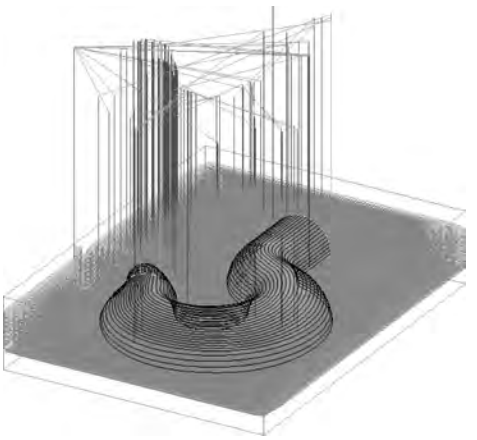


图 5-237　生成的加工轨迹

图 5-238　选中加工轨迹

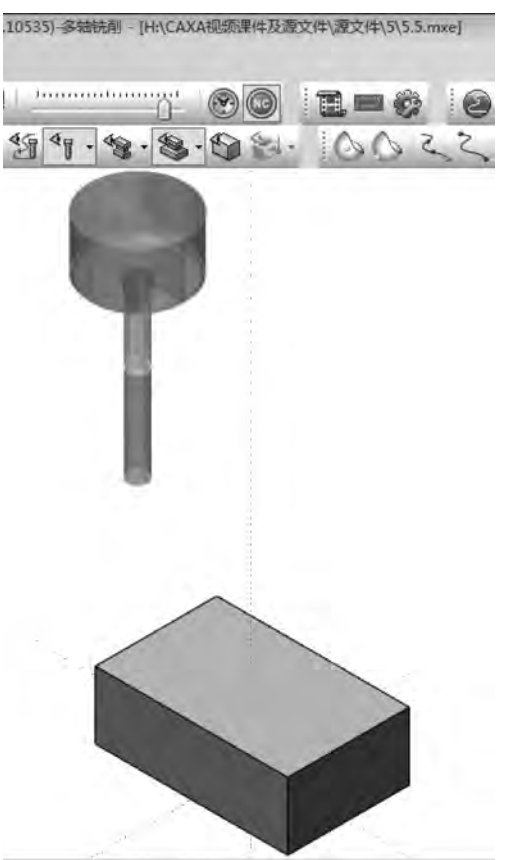


图 5-239　仿真加工界面

(3) 单击“开始”按钮，系统进入仿真加工状态，加工结果如图 5-240 所示。仿真检验无误后退出仿真程序，回到 CAXA 制造工程师 2013 的主界面，在菜单栏中选择“文件”→“保存”命令，保存粗加工和精加工轨迹。

6. 生成 G 代码

1）后置设置

在菜单栏中选择“加工”→“后置处理”→“后置设置”命令，弹出“选择后置配置文件”对话框，如图 5-241 所示。选择当前机床类型为 fanuc，单击“编辑”按钮，打开“CAXA 后置配置”对话框，根据当前的机床设置各参数，保存，一般不需要改动。

2）生成 G 代码并保存

在菜单栏中选择“加工”→“后置处理”→“生成 G 代码”命令，弹出“生成后置代码”对话框，单击“代码文件”按钮，弹出“另存为”对话框，填写加工代码文件名“504”，单击“保存”按钮。

3）生成工艺清单

右击轨迹树中的“刀具轨迹”，选中生成的全部加工轨迹，再右击“刀具轨迹”，选择“工艺清单”，弹出“工艺清单”对话框，如图 5-242 所示，单击“确定”按钮生成工艺清单。

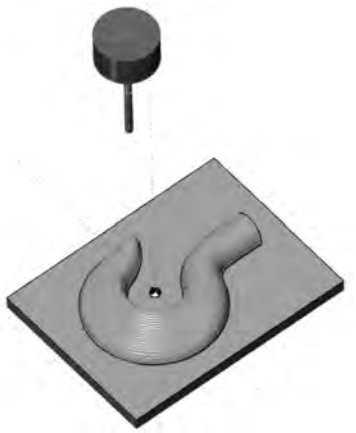


图 5-240　仿真加工结果

图 5-241　“选择后置配置文件”对话框

图 5-242　“工艺清单”对话框

【同步训练】

如图 5-243～图 5-246 所示的同步训练，完成零件的造型及代码生成。

图 5-243　同步训练 1

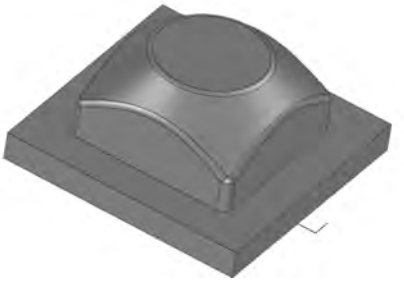


图 5-244　同步训练 2

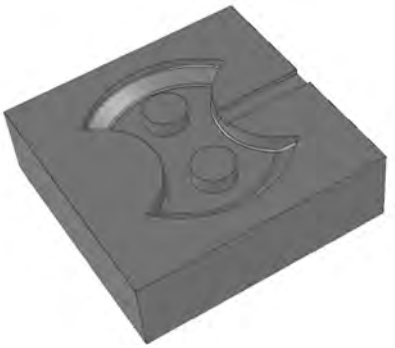


图 5-245　同步训练 3

图 5-246　同步训练 4